SCIENTIFIC GERMAN

KROEA


DEPARTMENT OF THE INTERIOR









German Science Reader

AN

INTRODUCTION

TO

SCIENTIFIC GERMAN

FOR

STUDENTS OF PHYSICS, CHEMISTRY
AND ENGINEERING

BY

CHARLES F. KROEH, A. M.

Professor of Modern Languages in Stevens Institute of Technology.

HOBOKEN, N. J.
PUBLISHED BY THE AUTHOR.

PREFACE.

The aim of this Reader is not merely to afford the student a certain amount of experience in reading scientific German, but to attack the subject systematically. The selections are not chosen at random. They are arranged progressively and consist of fundamental definitions, descriptions, processes and problems of Arithmetic, Algebra, Geometry, Physic and Chemistry. These are linguistically the most important subjects for scientific and engineering students to read first, because they contain the terms and modes of expression which recur in all subsequent reading, and because they contain these terms in the simplest possible connections. A student who has mastered these pages will find no difficulty in reading *any* scientific German he may meet in his professional work.

To the Student.—Do not be content with simply translating these selections. Let your object be to acquire first a good working vocabulary for all future time and secondly the ability to understand German by merely reading it. Both ends are gained by reading over the German several times after you have translated it. The best way is to read it aloud, observing pauses and emphasis, as if you were communicating the thoughts of the book to another person. Pronouncing words, phrases and sentences is a great help to the memory.



A GERMAN SCIENCE READER.

ARITHMETIK UND ALGEBRA.

Arithmetik ist ein Fremdwort, das auf deutsch Zahlenlehre bedeutet.

$1+2=3$ wird gelesen: eins und zwei (oder eins plus zwei) ist drei.

$25-13=12$ wird gelesen: 25 weniger (oder minus) 13 ist 12.

$2\times 3=6$ wird gelesen: 2 mal 3 ist 6.

$72\div 6=12$ wird gelesen: 72 dividiert durch 6 ist 12.

Alle Posten[1] zusammengenommen sind der Summe gleich.

Die Differenz kann als diejenige Zahl betrachtet werden, welche übrig bleibt, wenn man den Subtrahend vom Minuend wegnimmt; oder als diejenige Zahl, welche man zum Subtrahend addieren muss, um den Minuend zu erhalten; oder auch als diejenige Zahl, welche man vom Minuend abziehen muss, um den Subtrahend zu erhalten.

Besteht[2] eine Zahl aus zwei Faktoren, so ist der eine Faktor gleich dem Produkt dividiert durch den anderen Faktor.

Der Divisor ist die teilende, der Dividend die zu teilende Zahl.

Study carefully the notes (beginning page 97) to which the small numbers in the text refer.

Der Quotient ist gleich dem Dividend, wenn man denselben durch den Divisor dividiert.

Der Dividend ist ein Produkt aus dem Quotienten und dem Divisor.

Wievielmal[3] grösser man den Dividend macht, sovielmal grösser wird dadurch auch der Quotient.

Multipliziert man den Dividend und ebenso den Divisor mit einer und derselben Zahl, so bleibt der Quotient unverändert.

Je kleiner man den Divisor macht, desto grösser wird der Quotient.

Um[4] einen n mal grösseren Quotienten zu erhalten, kann man entweder den Dividenden n mal grösser oder aber den Divisor n mal kleiner machen.

Brüche. In je mehr Teile ein bestimmtes Ganzes geteilt wird, desto kleiner werden die Teile.

Je grösser der Zähler eines Bruches bei gleichem Nenner ist, desto grösser ist sein Wert.

Um einen Bruch seinem Werte nach[6] n mal kleiner zu erhalten, kann man entweder einen Zähler durch n dividieren oder seinen Nenner mit n multiplizieren.

Wird eine Zahl mit 10 multipliziert, so erhält jede Art der Einheiten[7] derselben den zehnfachen früheren Wert, und daher den Namen der nächst höheren Art von Einheiten.

Schriftlich[8] wird dies angedeutet, indem[9] man jede Ziffer in die nächst höhere Stelle rückt, welches dadurch bewirkt wird, dass man das Dezimalzeichen um eine Stelle von der Linken gegen die Rechte rückt.

Ist die Zahl eine ganze Zahl, so wird die[10] dadurch leer werdende Stelle der Einer mit einer Null ausgefüllt.

Um einen gegebenen Dezimalbruch mit einer ganzen Zahl zu multiplizieren, betrachte man ihn als eine ganze Zahl

und schneide sodann vom Produkte soviele Dezimalstellen ab, als deren der gegebene Dezimalbruch enthält.

2.

Eine Zahl enthält den Faktor 9 und ist daher durch 9 teilbar, wenn die Quersumme[1] der Ziffern, mit welcher die Zahl geschrieben wird, durch 9 teilbar ist.

Eine Zahl enthält den Faktor 11 und ist also[2] durch 11 teilbar, wenn die Quersumme der ersten, dritten, fünften, siebenten etc. (d. h.[8] der ungeradstelligen[3]) gleich der Quersumme der 2., 4., 6., 8., etc. (d. h. der geradstelligen) Ziffern, von der Rechten gegen die Linke gezählt, ist, oder die Differenz dieser beiden Quersummen 11 oder ein Mehrfaches[4] von 11 beträgt.

Nur Brüche mit gleichen Nennern[5] können addiert und subtrahiert werden.

Gleichnamige Brüche werden addiert, indem man ihre Zähler[5] addiert.

Brüche mit ungleichen Nennern werden addiert oder subtrahiert, indem man[6] sie zuerst in Brüche mit gleichen Nennern verwandelt, und diese sodann addiert oder subtrahiert.

Man zerlege die Nenner der gegebenen Brüche in ihre Grundfaktoren,[7] d. h. in ihre kleinsten Faktoren.

Man nehme aus der Reihe dieser Grundfaktoren zur Bildung des gemeinschaftlichen Nenners so viele als zur Darstellung jedes einzelnen Nenners, an und für sich[9] betrachtet, nötig sind.

Aus den auf diese Weise ausgewählten Grundfaktoren bildet man sodann ein Produkt; dieses ist alsdann der kleinste gemeinschaftliche Nenner.

Unter Brüchen von gleichen Nennern und ungleichen Zählern ist derjenige der grössere und beziehungsweise[10] der grösste, welcher den grösseren bezw. den grössten Zähler hat, und umgekehrt; und zwar: wievielmal grösser oder kleiner der Zähler eines Bruches als der Zähler eines anderen Bruches ist, sovielmal grösser oder kleiner ist auch der Wert des einen als der Wert des anderen Bruches.

Ein Bruch wird mit einer ganzen Zahl multipliziert, entweder (a) indem man den Zähler mit der ganzen Zahl multipliziert; oder (b) indem man den Nenner durch die ganze Zahl dividiert.

Ein Bruch wird durch einen andern Bruch dividiert, indem man den Disivor umkehrt, (d. h. indem man dessen Nenner zum Zähler macht) und alsdann mit demselben multipliziert.

Das Verfahren, den grössten gemeinschaftlichen Faktor zweier Zahlen zu finden, besteht darin[11], dass man mit der kleineren der beiden Zahlen in die grössere, mit dem hierbei erhaltenen Reste in den vorigen Divisor, mit dem hierbei bleibenden Reste in den nächst vorhergehenden Divisor etc. dividiert. Erhält man endlich keinen Rest mehr, so zeigt dies an, dass der letzte Divisor der grösste gemeinschaftliche Faktor der beiden betreffenden[12] Zahlen ist.

Man findet das vierte Glied[12] einer geometrischen Proportion, indem man das Produkt des zweiten und dritten Gliedes durch das erste Glied dividiert.

Das Produkt der äusseren Glieder ist gleich dem Produkt der inneren Glieder. Das erste Hinterglied[13] verhält sich zum ersten Vorderglied[13], wie das zweite Hinterglied zum zweiten Vorderglied.

Eine Progression heisst steigend, wenn jedes folgende

Glied derselben grösser; fallend, wenn jedes folgende Glied kleiner ist als das vorhergehende.

3.

AUFGABEN.

1. Die Zahl 5 soll[1] erhoben werden: a) ins Quadrat[2], b) in den Kubus, c) ins Biquadrat, d) in die fünfte Potenz.

2. Aus 64 soll ausgezogen werden: a) die Quadratwurzel, b) die Kubikwurzel.

3. Bei einem Geschäfte verdienen 5 Arbeiter in 42 Tagen bei 8stündiger Arbeit $210. Was würden 9 Arbeiter in 35 Tagen bei 10stündiger Arbeit verdienen?

Auflösung. Je mehr Arbeiter, desto mehr Verdienst; also setzt man 5:9. Je weniger Tage, desto weniger Verdienst; also 42:35. Je mehr Stunden, desto mehr Verdienst; also 8:10. Nun multipliziert man $210 mit dem Produkt aus den Hintergliedern und dividiert durch das Produkt aus den Vordergliedern, was man dadurch vereinfacht[3], dass man erst die gemeinschaftlichen Faktoren herausnimmt.

4. Ein Kaufmann findet, dass er durch einen glücklichen Handel mit seinem angelegten Kapital 15 Prozent gewonnen hat und dass dasselbe dadurch auf $15,571 angewachsen ist. Was war sein angelegtes Kapital? Antwort: $13,540.

5. Ein Vater sagt zu seinem Sohne: Gegenwärtig bin ich gerade sechsmal so alt als du; nach zwölf Jahren werde ich nur dreimal so alt sein als du; wie alt ist der Vater und wie alt der Sohn?

Auflösung. Es sei[4] x das gegenwärtige Alter des Sohnes; also ist 6x das des Vaters.

In 12 Jahren ist der Sohn $x+12$ und der Vater $6x+12$ Jahre alt.

Da des Vaters Alter dann 3mal das des Sohnes beträgt[5], so muss man das des Sohnes mit 3 multiplizieren, um die Gleichung $6x+12=3x+36$ zu erhalten.

Indem man nun die x zur linken und die Zahlen zur rechten des Gleichheitszeichens sammelt, erhält man $3x=24$, oder x (das gegenwärtige Alter des Sohnes) $=8$, woraus 6 x (das gegenwärtige Alter des Vaters) $=48$.

Beweis. Die Rechnung stimmt[6], denn in 12 Jahren hat der Sohn $8+12=20$ und der Vater $48+12=60$ Jahre, ist also dreimal so alt.

6. Zwei Kapitalisten berechnen ihr Vermögen. Es ergiebt sich, dass der eine doppelt so reich ist als der andere und dass sie zusammen $38,700 besitzen. Wie reich ist nun jeder?

7. Alle meine Reisen zusammen, erzählt ein Reisender, belaufen[7] sich auf 3040 Meilen; davon machte ich 3½ mal so viel zu Wasser als zu Pferde, und $2^1|_3$ mal so viel zu Fuss als zu Wasser. Wie viele Meilen reiste dieser Mann auf jede von den drei erwähnten Arten? (240, 840, 1960).

8. Unter 3 Personen, A, B, C, sollen $1170 nach Verhältnis ihres Alters verteilt werden. Nun ist B um den dritten Teil älter, C aber doppelt so alt als A. Wie viel erhält jeder? (A 270, B 360, C 540).

9. Es werden 3 Zahlen von der folgenden Beschaffenheit[8] gesucht. Wenn man von der ersten 4 abzieht und ebensoviel der zweiten zusetzt, so verhält[9] sich der Rest zur Summe wie 1 zu 2. Zieht[10] man von der zweiten 10 ab und setzt zur dritten ebensoviel zu, so verhält sich der Rest zur Summe wie 3 zu 10. Zieht man aber von der ersten 5 ab

und setzt diese der dritten zu, so verhält sich der Rest zur Summe wie 3 zu 11. Welche Zahlen sind es? (20, 28, 50).

4.

10. Eine Wittwe soll[1], nach dem Testamente ihres verstorbenen Ehemannes, mit ihren 2 Söhnen und 3 Töchtern eine Summe vo $7500 teilen; und zwar[2] soll jeder Sohn doppelt so viel bekommen wie jede Tochter, sie selbst aber gerade so viel[3] wie ihre Kinder zusammengenommen und noch überdies[4] $500. Wie viel wird die Wittwe und jedes ihrer Kinder bekommen? (4000, 1000, 500).

11. Aus einem gewissen Orte wird ein Bote abgeschickt, der alle 5 Stunden 7 Meilen zurücklegt[5]. 8 Stunden nach seiner Abreise wird ihm ein zweiter nachgeschickt, und dieser muss, um jenen einzuholen, alle 3 Stunden 5 Meilen machen. Wann werden sie sich begegnen? (Antwort: 42 Stunden nach der Abreise des zweiten Couriers).

12. Um Zwölfe stehen beide Zeiger einer Uhr über einander. Wann und wie oft werden diese Zeiger in den nächsten 12 Stunden wieder übereinander stehen? (Antwort: 11 mal, $5\,{}^{5}|_{11}$ Minuten nach Eins und in jeder folgenden Stunde $5\,{}^{5}|_{11}$ Minuten später).

13. Drei Maurer sollen eine Mauer aufführen. Der erste kann 8 Kubikfuss in 5 Tagen, der zweite 9 Kubikfuss in 4 Tagen, und der dritte 10 Kubikfuss in 6 Tagen zu Stande bringen[6]. Wie viel Zeit werden diese 3 Maurer brauchen, wenn sie gemeinschaftlich arbeiten, um 756 Kubikfuss von dieser Mauer aufzuführen? ($137\,{}^{13}|_{331}$).

14. Ein Hund verfolgt einen Hasen. Ehe der Hund zu laufen anfängt, hat der Hase schon 50 Sprünge gemacht. Wenn nun der Hase in eben[7] der Zeit 6 Sprünge macht, in welcher der Hund 5 Sprünge tut, und 9 Hasensprünge gleich

7 Hundesprüngen sind, wie viele Sprünge wird der Hase noch machen können, ehe der Hund ihn einholt? (700).

15. Ein Kaufmann ist genötigt,[8] um eine dringende Schuld zu bezahlen, eine gewisse Waare auf den Einkaufspreis herabzusetzen.[9] Wegen schlechter Buchführung kennt er weder das Gewicht noch den Einkaufspreis. Er erinnert sich nur so viel, dass er, wenn er das Pfund für .30 verkauft hätte, $12 daran gewonnen, und wenn er es für .22 verkauft hätte, $36 daran verloren haben würde. Wie gross war nach diesen Angaben[10] das Gewicht der Waare und der Einkaufspreis? (600 Pfund, .28).

16. Eine Bäuerin bringt Eier zu Markte, mehr als 100 aber weniger als 200. Sie ist unschlüssig, ob sie dieselben nach Mandeln[11] oder Dutzenden verkaufen soll; denn im ersten Fall bleiben ihr 4, im zweiten 10 Eier übrig. Wie viele Eier hat sie demnach? (154.)

17. Es soll eine Zahl gefunden werden, deren Quadrat diese Zahl um[12] 306 übertrifft. Welche Zahl ist es? (18.)

18. 37 Pfund Zinn verlieren im Wasser 5 Pfund, und 23 Pfd. Blei verlieren im Wasser 2 Pfd.; eine Komposition von Zinn und Blei, welche 120 Pfd. wiegt, verliert im Wasser 14 Pfd. Wie viel Zinn und wie viel Blei befinden sich darin? (74 Zinn, 46 Blei.)

19. Es werden zwei Zahlen gesucht, deren Summe 70 und deren Differenz 16 ist. Welche Zahlen sind es? (43, 27.)

20. Zwei Zahlen sind durch folgende Merkmale[13] gegeben: Vergrössert man die erste um 4, so wird sie 3¼ mal so gross als die zweite; vergrössert man aber die zweite um 8, so wird sie erst halb so gross als die erste. (48, 16.)

21. Ein König in Indien, Namens Sheran, verlangte, nach dem Berichte[14] des arabischen Schriftstellers Asephad,

dass Sessa, der Erfinder des Schachspiels, sich selbst eine Belohnung wählen sollte. Dieser erbat sich hierauf die Summe der Weizenkörner, die herauskommt, wenn eins für das erste Feld[15] des Schachbretts, 2 für das zweite, 4 für das dritte, und so immer für jedes der 64 Felder doppelt so viele Körner als für das vorhergehende gerechnet werden. Als gerechnet wurde, fand man, zum Erstaunen des Königs, eine ungeheure Summe. Welche? Antwort: 18,446,744,-073,709,551,615, eine Summe, welche auf der ganzen Erde, nach einer mässigen Berechnung, erst in mehr als 70 Jahren gewonnen werden könnte, wenn man auch[16] alles feste Land zum Anbau von Weizen benutzte.

5.

GEOMETRIE.

Eine gerade Linie ist diejenige,, welche nicht aus ihrer Lage kommt, wenn sie sich um zwei in ihr liegenden festen Punkte, z. B.[1] um ihre Endpunkte, dreht.

A B C

Die[2] beiden einen Winkel bildenden Linien BA, BC, heissen die Schenkel, und der Punkt B, in welchem sie zusammenstossen, der Scheitel (der Scheitelpunkt, die Spitze) des Winkels.

Zwei Winkel, welche einen Scheitel gemein haben und deren beiden andern Schenkel eine gerade Linie bilden, heissen Nebenwinkel.

Alle Winkel, welche an einerlei[3] Seite einer geraden Linie liegen und einen Scheitel in derselben gemein haben, betragen zusammen zwei rechte Winkel.

Wenn zwei gerade Linien sich schneiden, so sind je zwei gegenüber liegende Winkel, welche man Scheitelwinkel nennt, einander gleich.

Alle Winkel, welche rings um einen gemeinschaftlichen Scheitelpunkt liegen, betragen zusammen immer vier rechte.

Zwei Dreiecke sind kongruent[4], wenn sie zwei Seiten und den[5] von denselben eingeschlossenen Winkel wechselweise gleich haben.

Aufgabe. Es[6] sind alle drei Seiten, a, b, c, eines Dreiecks gegeben; es soll das dadurch bestimmte Dreieck gezeichnet werden.

Auflösung. Man stecke[7] eine der gegebenen Seiten, z. B. *a* in der Linie BC ab, beschreibe aus dem einen Endpunkt B mit der Seite *c* als Radius einen Bogen *mn*;. ebenso aus C mit der Seite *b* als Radius einen zweiten Bogen *pq*, und ziehe von dem Durchschnittspunkt A der beiden Bögen Gerade nach B und C, so ist ABC das verlangte Dreieck.

Aufgaben. 1. Auf einer Linie BH in einem bestimmten Punkte D eine Senkrechte zu errichten.

2. Eine gegebene Linie zu halbieren.

3. Von einem ausserhalb einer Linie GH gegebenen Punkte A eine Senkrechte auf dieselbe zu fällen.

Wenn zwei Parallelen von einer dritten Linie geschnitten werden, so entstehen acht Winkel:

I. Auf einerlei Seite der Schneidenden:

1. Innere Winkel innerhalb der Parallelen.
2. Aeussere Winkel ausserhalb der Parallelen.
3. Korrespondierende oder gleichliegende Winkel (oder

Gegenwinkel) auf einerlei Seite der Parallelen, beide unterhalb oder beide oberhalb.

II. Auf verschiedenen Seiten der Schneidenden :

Wechselwinkel: innere, äussere, korrespondierende.

Wenn zwei Linien gegen eine dritte eine solche Lage haben, dass die inneren Wechselwinkel gleich sind, so sind die Linien parallel.

In jedem Dreieck ist die Summe aller Winkel gleich zwei rechten.

Ein Dreieck kann also[8] nur einen rechten oder nur einen stumpfen Winkel enthalten; die beiden andern müssen alsdann[9] spitz sein.

Der Aussenwinkel am Dreieck ist gleich der Summe der beiden innern gegenüber liegenden Winkel.

Unter Aussenwinkel ist derjenige gemeint, den die Verlängerung einer Seite mit der daran stossenden[10] bildet.

6.

Der Kreis ist eine[1] von einer krummen Linie so begrenzte ebene Figur, dass alle ihre Punkte von einem innerhalb liegenden Punkte, den man Mittelpunkt oder Centrum (Zentrum) nennt, gleich weit entfernt sind.

Die[2] vom Mittelpunkt des Kreises auf eine Sehne[3] gefällte Senkrechte halbiert die Sehne und den dazu gehörigen[4] Bogen.

Aufgabe. Durch 3 ganz beliebig[5] gegebene, jedoch nicht in gerader Linie liegende Punkte A, B, C, einen Kreis zu beschreiben.

Auflösung. Man verbinde zwei und zwei Punkte AB und BC, so kann man die Linien AB und BC als Sehnen des zu beschreibenden Kreises betrachten. Errichtet man also

auf deren Mittel Perpendikel, so muss jedes derselben durch den gesuchten Mittelpunkt gehen.

Der Centriwinkel[6] ist immer doppelt so gross als der auf demselben Bogen stehende Peripheriewinkel[7].

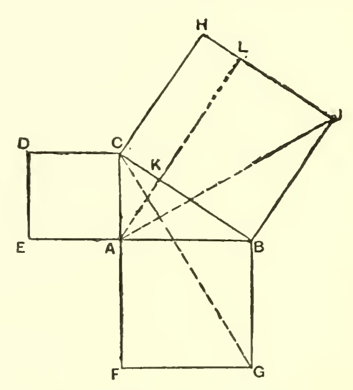
Jeder Winkel im Halbkreise ist ein rechter Winkel.

In jedem Parallelogramm sind die gegenüber liegenden Seiten und Winkel einander gleich, und eine Diagonale teilt es in zwei kongruente Dreiecke.

Parallelogramme von gleicher Grundlinie und Höhe sind inhaltsgleich.[8]

Der Inhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Produkt aus Grundlinie und Höhe.

DER PYTHAGORAEISCHE LEHRSATZ.



Der Pythagoräische Lehrsatz. In jedem rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat der Hypotenuse so gross wie die Quadrate der beiden Katheten[9] zusammengenommen.

Beweis. Sei[10] CAB ein bei A rechtwinkliges Dreieck,

und seien über seinen drei Seiten Quadrate errichtet, so soll die Fläche des auf der Hypotenuse BC stehenden Quadrats allein so gross sein wie die Flächen der[11] beiden auf den Katheten AC und AB stehenden Quadrate zusammengenommen. Aus dem Scheitel A des rechten Winkels sei AL parallel zu CH gezogen, so ist dadurch das Quadrat der Hypotenuse in zwei Rechtecke CHLK und LKBJ geteilt, und es lässt[12] sich nun zeigen, dass jedes der beiden Rechtecke seinem benachbarten Quadrate an Inhalt gleich ist. Zieht man nämlich noch die Hülfslinien[13] AJ und CG, so haben die beiden Dreiecke ABJ und CBG zwei Seiten und den eingeschlossenen Winkel gleich, nämlich JB=CB,

(Man denke sich das Dreieck CBG um den Punkt B gedreht, so fällt der Punkt C auf J und G auf A.)

Das Dreieck ABJ hat nun mit dem Rechteck LKBJ einerlei Grundlinie BJ und gleiche Höhe KB; ebenso haben das Dreieck CBG und das Quadrat ABGF einerlei Grundlinie BG und gleiche Höhe AB, daher: △ ABJ=½ Rechteck KBJL und CBG=½ Quadrat ABGF. Da nun die beiden Dreiecke ABJ und CBG gleich gross sind, so ist auch ½ Rechteck KBJL=½ Quadrat ABGF, also auch das ganze Rechteck so gross wie das ganze Quadrat.

Ebenso zeigt man an der andern Seite, indem man[14] die Hülfslinien AH und BD zieht, dass auch das Rechteck CHLK dem Quadrat ACDE an Fläche gleich ist, und folglich auch beide Rechtecke zusammen, d. i.[15] das Quadrat der Hypotenuse, so gross ist, wie die Summe der Quadrate der beiden Katheten.

Zusatz. Das Quadrat der einen Kathete ist so gross wie das Quadrat der Hypotenuse weniger dem Quadrat der andern Kathete.

7.

Parallellinien. Zwei gerade Linien, welche in einerlei Ebene liegen und nach keiner Seite hin[1] zusammentreffen, wie weit[2] man sie auch verlängert denken mag, heissen parallel (gleichlaufend[3]).

Wenn man auf dem einen Schenkel eines Winkels gleiche Stücke abschneidet und durch die Teilpunkte Parallele an den andern Schenkel zieht, so schneiden diese auch auf dem andern Schenkel gleiche Stücke ab.

Parallelen zwischen den Schenkeln eines Winkels schneiden auf denselben proportionale Stücke ab.

Zwei Figuren heissen ähnlich, wenn sie gleichwinklig sind und die[4] in gleicher Ordnung zwischen gleichen Winkeln liegenden Seiten dasselbe Verhältnis zu einander haben.

In ähnlichen Dreiecken sind die[5] den gleichen Winkeln gegenüber liegenden Seiten proportional.

Die Umfänge ähnlicher Figuren verhalten sich[6] wie zwei ähnlich liegende Seiten, ihre Inhalte aber wie die Quadrate ähnlich liegender Seiten.

Wenn in einer Proportion die beiden innern Glieder gleich sind, wie in $2:6=6:18$, so heisst eines der gleichen mittlern Glieder die mittlere Proportionale oder das geometrische Mittel der beiden äussern.

Das Perpendikel von einem beliebigen Punkte der Peripherie eines Kreises auf den Durchmesser ist die mittlere Proportionale zwischen den beiden Abschnitten des Durchmessers.

Die[7] vom Scheitel des rechten Winkels eines rechtwinkligen Dreiecks auf die Hypotenuse gefällte Senkrechte ist das geometrische Mittel zwischen den Abschnitten der Hypotenuse.

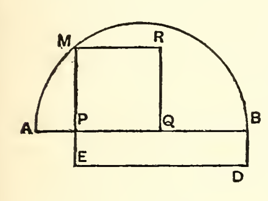
Jede der beiden Sehnen ist die mittlere Proportionale

zwischen dem anliegenden[8] Abschnitt des Durchmessers und dem ganzen Durchmesser.

Jede Kathete ist das geometrische Mittel zwischen dem anliegenden Abschnitt der Hypotenuse (begrenzt durch die Höhe auf derselben) und der Hypotenuse selbst.

Aufgabe. Ein Quadrat zu zeichnen, welches so gross ist wie ein gegebenes Rechteck; mit anderen Worten, ein gegebenes Rechteck PBDE in ein an Inhalt gleiches Quadrat zu verwandeln.

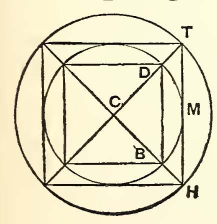
Auflösung. Es kommt nur darauf an,[9] zu den beiden gegebenen Seiten des Rechtecks PE und PB die mittlere Proportionale x zu finden, so dass $PE:x=x:PB$, denn dann ist $x^2=PE.PB$.



Man füge also PE geradlinig an PB, so dass $AP=PE$, beschreibe über AB, als Durchmesser, einen Halbkreis, errichte in P auf AB das Perpendikel MP, so ist das über dieses Perpendikel konstruierte Quadrat MPQR das verlangte, weil $MP^2=AP.PB=PE.PB$.

8.

Ein Vieleck heisst regelmässig, wenn alle Seiten und alle Winkel gleichgross sind.



Um um[1] einen Kreis ein regelmässiges Viereck zu beschreiben, dessen Seiten mit denen des eingeschriebenen parallel sind, halbiere[2] man einen Bogen in M, ziehe durch M eine Tangente, welche die verlängerten Radien CB, CD in T und H schneidet, dann ist HT eine Seite des um-

schriebenen Vierecks, welche man nur in dem mit CT als Halbmesser beschriebenen zweiten Kreise herumzutragen[3] braucht.

Der Inhalt eines[4] um den Kreis beschriebenen regelmässigen Vielecks ist gleich der Fläche[5] eines Dreiecks, dessen Grundlinie gleich dem Umfang des Vielecks, und dessen Höhe gleich dem halben Radius des Kreises ist.

Der Flächeninhalt eines Kreises ist so gross wie der eines Dreiecks, dessen Grundlinie gleich dem Umfange und dessen Höhe gleich dem Halbmesser des Kreises ist.

KOERPERLICHE[6] GEOMETRIE.

So wie man eine gerade Linie nach beiden Enden hin bis in's Unendliche[7] verlängert denken kann, so kann man sich auch eine Ebene nach allen Seiten hin bis ins Unendliche ausgedehnt denken.

Durch zwei Punkte A und B, oder durch die sie verbindende gerade Linie kann man unzählige Ebenen legen (führen).

Körper[8] heisst jeder nach allen Richtungen hin begrenzte Raum. Die Summe aller ihn begrenzenden Flächen heisst die Oberfläche des Körpers.

Die Linien, in welche sich irgend zwei[9] den Körper begrenzende Ebenen schneiden, heissen Kanten.

An den Punkten, in welchen drei oder mehrere Grenzebenen zusammenstossen, entsteht[10] das, was man, von aussen betrachtet, eine Ecke, von innen gesehen, einen körperlichen Winkel nennt.

Jeder Körper, dessen Grundflächen[11] kongruente Vielecke, und dessen Seitenflächen, welche die parallelen Seiten dieser Vielecke verbinden, Parallelogramme sind, heisst ein

Prisma, und zwar[12] ein dreiseitiges, vierseitiges etc., je nachdem die Grundflächen Dreiecke, Vierecke etc. sind.

Walze oder Cylinder (Zylinder) heisst jeder prismatische Körper, der zwei kongruente und parallele Kreise zu Grundflächen hat und dessen Seitenfläche (Mantel) eine einzige solche krumme Fläche ist, deren sämmtliche mit der Grundfläche parallele Durchschnitte der Grundfläche gleich sind.

Man unterscheidet gerade und schiefe Cylinder, je nachdem ihre Achse senkrecht oder schief auf der Grundfläche steht.

Würfel oder Kubus heisst jedes Parallelopiped, dessen Grundflächen und Seitenflächen Quadrate sind, die folglich gleich und senkrecht auf einander sind.

Kegel heisst jeder pyramidische Körper, dessen Grundfläche gewöhnlich ein Kreis, und dessen Seitenfläche (Mantel) eine einzige solche krumme ist, dass darin von der Spitze nach jedem Punkte der Peripherie der Grundfläche eine gerade Linie gezogen werden kann.

9.

Die Seitenfläche eines geraden Prismas wird erhalten, indem man den Umfang mit der Höhe multipliziert.

Pyramiden von gleich grosser Grundfläche und Höhe sind inhaltsgleich.[1]

Der Inhalt einer Pyramide ist gleich dem dritten Teil vom Produkte aus Grundfläche und Höhe, oder, was dasselbe sagt, gleich der Grundfläche mit einem Drittel der Höhe multipliziert.

Man kann den Kegel als eine Pyramide betrachten, deren Grundfläche ein regelmässiges Vieleck von unendlich vielen Seiten ist.

Der Cylinder kann als ein regelmässiges Prisma von unendlicher Seitenzahl betrachtet werden.

Was die Mantelfläche[2] des geraden Cylinders betrifft, so kann man sich dieselbe vom Cylinder abgewickelt denken und erhält dann offenbar ein Rechteck, dessen Höhe die Höhe des Cylinders, und dessen Grundlinie gleich dem Umfange der Grundfläche ($2\pi r$) ist.

Die Kugel ist ein Körper von einer einzigen krummen Fläche dergestalt[3] begrenzt, dass alle Punkte derselben von einem innerhalb liegenden Punkt gleich weit entfernt sind.

Ein[4] von einem grössten Kreis begrenzter Abschnitt heisst Halbkugel.

Die Oberfläche einer Kugel ist viermal so gross als die Fläche eines grössten Kreises, und der Inhalt der Kugel so gross als der eines Kegels, dessen Grundfläche gleich der Oberfläche, und dessen Höhe gleich dem Radius der Kugel ist. ($F=4\,\pi r^2$. $V={}^4|_3\,\pi r^3$).

Man denke sich einen Cylinder, einen Kegel und eine Kugel gezeichnet, so dass die Radien aller drei Körper gleich sind, und die Höhe des Kegels und des Cylinders gleich dem doppelten Radius sind. Wie verhalten[5] sich diese drei Körper, Kegel, Kugel und Cylinder hinsichtlich ihres Kubikinhalts zu einander? Antwort: wie 1 : 2 : 3. Dieses merkwürdige Verhältniss entdeckte Cicero auf einem[6] dem Archimed in Syrakus gesetzten Denkmale.

Die Inhalte ähnlicher Körper verhalten sich wie die Kuben ähnlich liegender Seiten.

Zwei Körper heissen ähnlich, wenn die körperlichen Winkel wechselweise gleich sind, und je zwei ähnlich liegende Kanten dasselbe Verhältnis zu einander haben. Alsdann sind offenbar auch die Seitenflächen ähnlich und beide Körper an Form vollkommen gleich, und nur an Grösse verschieden.

Zwei Körper heissen symmetrisch (ebenmässig), wenn

alle entsprechenden Bestandtheile derselben, wie Ecken, Winkel, Seitenflächen etc., einzeln genommen einander vollkommen gleich sind, jedoch in der Zusammensetzung gerade entgegengesetzte Lage haben, so dass dasselbe Stück, welches bei dem einen Körper rechts, oben etc., in dem andern links, unten etc. liegt.

10.

DIE PHYSIK.

Die Physik beschäftigt sich im Wesentlichen[1] mit gewissen Erscheinungen und Veränderungen an leblosen Naturkörpern, welche nicht von einer Aenderung des Stoffes begleitet sind.

Ein Naturkörper ist ein allseitig[2] begrenzter Teil des Raumes, welcher mit Stoff (Materie, Substanz) ausgefüllt ist.

Ein jeder Körper besitzt eine gewisse Ausdehnung; er dehnt sich nach allen Richtungen aus. Man unterscheidet drei Hauptrichtungen: Länge, Breite und Höhe (Dicke).

Zur Messung von Längen dient das Längenmass, dessen Einheit[3] das Meter (m) bildet; dasselbe ist der vierzigmillionste Teil des Erdumfangs von Pol zu Pol gemessen. Die Einheit des Flächenmasses ist das Quadratmeter (qm oder m^2).

Die Einheit des Raummasses ist das Kubikmeter (cbm oder m^3).

Die gesetzliche Längeneinheit bildet das[4] von der Internationalen Kommission der Masse und Gewichte in Paris aufbewahrte Normalmeter aus Platiniridium.

Allgemeine Eigenschaften[5] *des Stoffs.* Die Undurchdringlichkeit ist diejenige Eigenschaft des Stoffs, vermöge

deren an dem Ort, wo sich ein Naturkörper befindet, nicht gleichzeitig ein zweiter existieren kann. Diese Eigenschaft ist uns an den starren[6] und flüssigen Körpern durch die tägliche Erfahrung geläufig[7]. Weniger auffallend ist sie bei den luftförmigen Körpern. Sie zeigt sich indessen z. B., wenn man ein umgekehrtes Trinkglas unter Wasser drückt: das Wasser füllt dasselbe nicht an, weil die Luft nicht entweichen kann. (Hierauf beruht die Taucherglocke). Ebenso zeigt sich die Undurchdringlichkeit der Luft an den zerstörenden Wirkungen der Stürme.

Die Teilbarkeit der Körper ist ebenfalls Gegenstand der täglichen Erfahrung. Manche Körper sind in hervorragendem Masse teilbar, z. B. die edlen Metalle (das Gold lässt sich zu 0,0001 mm dicken Blättern ausschlagen), die Farbstoffe.

Mit dem Namen Porosität wird die allgemeine Thatsache bezeichnet, dass die Moleküle der Körper nicht dicht aufeinanderliegen, sondern dass sich mehr oder weniger grosse Zwischenräume zwischen denselben befinden, in welche unter Umständen die Moleküle anderer Körper eindringen können. So lässt sich durch kompakte Metalle mittelst starken Drucks Wasser hindurchtreiben, woraus wir schliessen müssen, dass die molekularen Zwischenräume oder Poren der Metalle grösser sind als die Moleküle des Wassers. Die Porosität im gewöhnlichen Sinne des Wortes, wie sie z. B. ein Schwamm oder ein Ziegelstein zeigt, ist selbstverständlich[8] keine allgemeine Eigenschaft der Körper.

Die Eigenschaft der Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit ist eine Folge der Porosität. Sie beruht auf einer Aenderung der Grösse der Molekülzwischenräume

durch äussern Druck oder Zug oder durch andere Einwirkungen, z. B. durch Erwärmen und Abkühlen.

In engem Zusammenhang mit der Volumänderung der Körper steht die allgemeine Eigenschaft der Elastizität, d. h. des Bestrebens der Moleküle, nach dem Aufhören des äusseren Zwanges ihre frühere Lage wieder anzunehmen.

11.

Das Beharrungsvermögen[1] im allgemeinsten Sinne bezeichnet diejenige Eigenschaft, wonach der Stoff von selbst keine Veränderungen erleidet, sondern hierzu äusserliche Einwirkungen erfordert, welche man Naturkräfte nennt. Man kann sogar sagen, der Stoff widersetzt sich den Veränderungen, oder er sucht in dem Zustande zu beharren, in dem er sich gerade[2] befindet. Dieses allgemeinste Prinzip aller Naturerklärung führt den Namen des Gesetzes von Ursache und Wirkung oder des Kausalgesetzes[3].

Ein ruhender Körper hat demnach das Bestreben, in Ruhe zu bleiben, während anderseits ein[4] etwa durch einen Stoss in Bewegung gesetzter Körper, wenn er durch keinerlei äussere Einwirkung daran verhindert würde, in gerader Linie und mit unveränderter Geschwindigkeit ins Unendliche sich fortbewegen würde. Dasselbe würde geschehen, wenn wir einen Körper in Drehung um eine Achse versetzten; auch diese Drehung würde mit unveränderlicher Drehungsgeschwindigkeit ins Unendliche fortdauern.

Der erste Teil des obigen Satzes wird fortwährend durch die tägliche Erfahrung bestätigt; hierauf beruht z. B. das Durchschlagen einer Fensterscheibe durch eine abgeschossene Kugel. Die Festigkeit[5] des Glases reicht nicht hin[6], um den Widerstand, mit dem sich die ruhende Scheibe der Annahme[7] der grossen Geschwindigkeit der Kugel wi-

dersetzt. zu überwinden; infolgedessen[8] bricht der von der Kugel unmittelbar getroffene Teil heraus, ehe die benachbarten Teile des Glases in so grosse Bewegung gerathen können ,dass ein Springen der ganzen Scheibe eintritt. Legt man eine Münze auf einem Kartenblatt über die Mündung einer Flasche, so fällt sie beim Wegschnellen[9] des Kartenblatts in die Flasche.

Für den zweiten Teil des Satzes haben wir keine strengen Erfahrungsbeweise, weil auf der Erde jede Bewegung Widerstände erfährt und infolgedessen ein durch Stoss bewegter Körper nach längerer oder kürzerer Zeit zur Ruhe kommt.

Beispiele[10] für seit undenklichen Zeiten gleichmässige Drehungsbewegungen bieten die Achsendrehungen der Planeten.

Statt Beharrungsvermögen gebraucht man auch den weniger entsprechenden[11] Ausdruck Trägheit.

12.

Die Schwere äussert[1] sich als das Bestreben eines jeden Körpers, sich nach dem Erdmittelpunkte hin zu bewegen. Wird[2] demnach ein Körper an dieser Bewegung nicht verhindert, so setzt sich derselbe in der Richtung nach dem Erdmittelpunkte in Bewegung; wird jedoch durch eine feste Unterlage[3] oder durch Aufhängen diese Bewegung unmöglich gemacht, so übt[4] der Körper einen Druck oder Zug aus. Diesen Druck oder Zug nennt man das Gewicht des Körpers.

Die Fallbewegung geschieht also[5] an jedem Orte in der Richtung des Erdhalbmessers; dieselbe Richtung nimmt ein biegsamer Faden an, an welchem ein schwerer Körper aufgehängt ist (Lot[6]). Man nennt diese Richtung die lotrechte, senkrechte oder vertikale. Eine zu dieser Richtung recht-

winklige Ebene oder Linie nennt man wagerecht oder horizontal.

Um das Gewicht eines Körpers zu bestimmen, vergleicht man es mittels der Wage mit dem Gewichte bestimmter Körper, deren Gewichte bestimmte Vielfache[7] oder Bruchteile der Gewichtseinheit sind; dieselben nennt man kurz Gewichte.

Als Gewichtseinheit dient das Gramm (g), welches demjenigen Druck gleichgesetzt ist, den ein Kubikzentimeter Wasser von 4° C. auf seine Unterlage ausübt. (1000 Kilogramm (kg) sind eine Tonne (t), 100 kg sind 1 Meterzentner oder Doppelzentner.)

Ein Körper von doppeltem Volumen besitzt doppelt soviel, ein Körper von 10fachem Volumen 10mal soviel Gewicht als ein gleichartiger Körper von einfachem Volumen, oder allgemein: Das Gewicht eines Körpers ist dem Volumen proportional.

Gleich grosse Volumina verschiedenartiger Körper besitzen im Allgemeinen verschiedene Gewichte.

Man nennt das Gewicht der Volumeneinheit eines Körpers sein spezifisches Gewicht. Anstatt dessen giebt[8] man gewöhnlich an wie viel mal so gross das Gewicht eines Körpers ist als das Gewicht eines gleich grossen Volumens Wasser von 4° C. Diese unbenannte Zahl nennt man das relative Gewicht oder auch die Dichtigkeit oder Dichte, oder auch vielfach ebenfalls das spezifische Gewicht.

Dieses relative Gewicht erhält man, wenn man das Gewicht des Körpers durch das Gewicht eines gleichgrossen Wasservolumens dividiert. Ersteres bestimmt man mit der Wage; letzteres kann auf mehrfache Weise gefunden werden; z. B. mittels des Pyknometers[9]. So nennt man ein kleines Glaskölbchen mit engem Hals und trichterförmig

erweiterter Mündung. Diese kann durch einen aufgelegten Glasdeckel verschlossen werden, um während der Wägung die Verdunstung zu verhindern. Es sei[10] nun P_1 das Gewicht des gut ausgetrockneten, leeren Pyknometers mit dem Glasdeckel. Man füllt dasselbe alsdann[11] bis zu etwa einem Drittel mit der zerkleinerten Substanz; das Gewicht sei jetzt P_2. Hierauf füllt man bis zu einer[12] an dem verengerten Halse angebrachten Marke mit Wasser und sorgt dafür, dass in der eingefüllten Substanz keine Luftblasen zurückbleiben; das Gewicht sei nun P_3. Endlich entfernt man die Substanz vollständig und füllt bis zur Marke mit Wasser; das Gewicht sei P_4. Alsdann ist das Gewicht der Substanz $P = P_2 - P_1$, das Gewicht des gleichen Wasservolumens $p = P_4 + P_2 - P_1 - P_3$ und das relative Gewicht $D = P : p$.

13.

Ruhe und Bewegung. Wenn ein Körper zu verschiedenen, aufeinander folgenden Zeiten verschiedene Orte und Lagen[1] einnimmt, so sagen wir, derselbe ist in Bewegung. Bleibt[2] Ort und Lage im Laufe der Zeit ungeändert, so sagen wir, der Körper ist in Ruhe.

Wir können folgende Arten der Bewegung unterscheiden:

1. Die Bewegung des ganzen Körpers gegen ausserhalb desselben gelegene[3] Körper oder die fortschreitende[4] Bewegung. Je nachdem die Aufeinanderfolge der Orte (der Weg oder die Bahn des Körpers) eine gerade oder krumme Linie bildet, unterscheidet man geradlinige und krummlinige Bewegungen.

2. Die Bewegungen der einzelnen Punkte eines Körpers um einen als fest angenommenen Punkt oder um eine feste Linie (Achse) des Körpers selbst, die drehenden Bewegun-

gen. Alle Bewegungen können stets aus den beiden vorhergehenden Arten zusammengesetzt werden.

Die[5] von einem[6] in fortschreitender Bewegung begriffenen Körper zurückgelegten Wege sind entweder immer gleich gross, dann heisst die Bewegung gleichförmig; oder sie sind ungleich, dann heisst die Bewegung ungleichförmig oder veränderlich. Werden[7] im zweiten Falle diese Wege im Laufe der Zeit immer kleiner, so nennt man die Bewegung verzögert; werden sie grösser, beschleunigt.

Die Geschwindigkeit ist der[8] in der Zeiteinheit (gewöhnlich in einer Sekunde) zurückgelegte Weg. Die Geschwindigkeitszunahme in der Zeiteinheit heisst Beschleunigung, die Geschwindigkeitsabnahme heisst Verzögerung.

Unter Geschwindigkeit einer veränderlichen Bewegung in einem bestimmten Augenblick verstehen wir denjenigen Weg, den der Körper in der nächsten Zeiteinheit zurücklegen würde, wenn er sich von diesem Augenblick an nur infolge[9] seines Beharrungsvermögens, also gleichförmig, weiter bewegte.

In einem sehr kleinen Zeitabschnitt, welchen wir mit dt bezeichnen wollen, können wir die Geschwindigkeit v als unveränderlich ansehen. Der in diesem Zeitabschnitt zurückgelegte Weg, welcher ebenfalls sehr klein ist, sei ds. Dann ist $v = \frac{ds}{dt}$ der Wert für die Geschwindigkeit einer beliebig[10] veränderlichen Bewegung in einem bestimmten Augenblick.

Eine gleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung kommt dadurch zu stande,[11] dass auf einen Körper in der Richtung seiner Bewegung oder gegen dieselbe eine unveränderliche (konstante) Kraft wirkt.

In solchen Fällen lehrt die Erfahrung:

1. Bei[12] gleichen Massen verhalten sich die hervorgebrachten Beschleunigungen wie die wirkenden Kräfte.

2. Bei gleichen Kräften verhalten sich die Beschleunigungen umgekehrt wie die Massen.

3. Bei gleichen Beschleunigungen verhalten sich die Kräfte wie die Massen.

Das Gewicht z. B. ist eine konstante Kraft, welche auf jeden Körper auf der Erde einwirkt.

14.

Die Gewichtseinheit[1] kann gleichzeitig als Krafteinheit dienen. Man benutzt in der Mechanik das Kilogramm als Einheit der Kraft. Eine Kraft von 28 kg heisst[2] demnach, dass dieselbe 28 mal so gross ist, wie der Druck, welchen 1 l Wasser infolge der Schwere auf seine Unterlage ausübt, wenn $g=9{,}806 \frac{m}{sec}$ ist. (Man definiert jetzt 1 kg als das Gewicht von 1 l Wasser unter 45° geographische Breite[3] am Meeresspiegel[4], wo $g=9{,}806\frac{m}{sec^2}$ ist).

Die Masseneinheit werden wir am bequemsten[5] so wählen, dass dieselbe durch die Einwirkung der Kraft 1 kg eine Beschleunigung von $1\frac{m}{sec^2}$ (=Einheit der Beschleunigung) erlangt. Die Masseneinheit wird demnach dargestellt[6] z. B. durch 9,81 l Wasser oder 1,40 l Zink etc.

Für die Berechnung der Masse eines Körpers erhalten wir die Regel: Die Masse ist gleich dem Gewicht dividiert durch die Schwerebeschleunigung unter 45° Breite.

So ist z. B. die Masse eines Eisenbahnzuges von 100 t[7] Gewicht $= \frac{100{,}000}{98{,}06} = 10198 \frac{kg.\ sec^2}{m}$. Soll[8] also derselbe durch die Lokomotive eine Beschleunigung von $0{,}2\frac{m}{sec^2}$ erhalten, so muss deren Zugkraft $=0{,}2 . 10\,198=2040$ kg sein.[9]

Wir sagen, es wird mechanische Arbeit verbraucht, wenn ein Körper sich in Bewegung befindet, während Kräfte vorhanden sind, welche dieser Bewegung Wider-

stand leisten. Die Arbeit besteht also[10] kurz gesagt in einer Ueberwindung von Widerstandskräften und wird von denselben verbraucht. Diese verbrauchte Arbeit muss von anderen (den treibenden Kräften) geleistet werden.

Wenn der Widerstand verdoppelt oder verdreifacht wird, so nimmt[11] die erforderliche Arbeitsleistung in demselben Verhältniss zu, d. h. die Arbeit ist dem überwundenen Widerstand proportional. Ebenso ist die Arbeit proportional dem Wege, längs dessen der Widerstand überwunden wird. Bezeichnen wir somit den Widerstand oder die Kraft mit K, den Weg mit S und die Arbeit mit A, so ist $A=KS$.

Vorausgesetzt ist dabei, dass der Widerstand stets in der Richtung der Bewegung wirkt. Wirkt[12] eine Kraft rechtwinklig gegen eine Bewegung, so sucht sie dieselbe weder zu hindern noch hervorzubringen; alsdann wird weder Arbeit verbraucht noch geleistet.

Bildet die Kraft mit dem Weg einen Winkel a, so kann man entweder den Weg in eine mit ihr zusammenfallende Komponente, oder auch die Kraft in eine zum Wege rechtwinklige und in eine in seine Richtung fallende Komponente zerlegen. Nur die letztere leistet oder verbraucht Arbeit, deren Grösse ist $A=KS \cos a$.

Als Arbeitseinheit dient das Meterkilogramm=1 mkg, d. h. diejenige Arbeit, welche geleistet werden muss, um einen Widerstand von 1 kg längs eines Weges von 1 m zu überwinden. Die Arbeitseinheit wird z. B. geleistet, wenn man ein Gewicht von 1 kg um[13] 1 m senkrecht in die Höhe hebt.

Die Gesammtarbeit[14] mehrerer gleichzeitig wirkender Kräfte ist gleich der Summe der Einzelarbeiten[15].

15.

Besitzt[1] ein Körper die Geschwindigkeit v, so besitzt er damit einen Arbeitsinhalt (lebendige Kraft, Bewegungsenergie) von der Grösse $A = \frac{Mv^2}{2}$. Derselbe wird bei Steigerung der Geschwindigkeit des Körpers von o auf v vom Körper aufgespeichert[2], bei Verminderung[3] der Geschwindigkeit von v auf o wieder abgegeben.

Um z. B. eine Flintenkugel von 30 g Gewicht um[4] 4587 m senkrecht in die Höhe zu heben, bedarf es einer Arbeit von $0{,}03 . 4587 = 138$ mkg. Um diese Höhe zu erreichen, musste[5] die Kugel eine Geschwindigkeit von $300 \frac{m}{sec}$ besitzen. Ihre Masse ist $\frac{0{,}03}{9{,}806} = 0{,}00306 \frac{Kg. sec^2}{m}$. Demnach ist $\frac{Mv^2}{2} = \frac{0{,}00306 . 300 . 300}{2} = 138$ mkg. Dieser Arbeitsinhalt wird beim Aufsteigen der Kugel zur Ueberwindung der Schwere gänzlich verbraucht. Fällt die Kugel wieder um 4587 m herab, so nimmt sie schliesslich wieder die Geschwindigkeit von $300 \frac{m}{sec}$ an, d. h. sie steigert ihren Arbeitsinhalt wieder auf 138 mkg. Die hierzu nötige Arbeit wird von der Schwere geleistet[6]. Streng genommen[7] sind diese Betrachtungen nur richtig, wenn kein Luftwiderstand vorhanden ist.

Wenn wir ein Gewicht heben, eine Feder spannen[8], Luft zusammen pressen, so leisten wir eine Arbeit, welche immer gemessen wird durch das Produkt aus widerstehender Kraft mal Weg.

Man nennt diese gewissermassen latent gewordene Arbeit Spannkraft[9] oder besser Energie der Lage.

Ausser der Grösse der geleisteten Arbeit ist bei Beurteilung[10] des Wertes einer Arbeitsleistung wesentlich die Zeit massgebend[11], in welcher sie geleistet wurde. Eine Dampfmaschine z. B., welche dieselbe Arbeit in dem dritten

Teile der Zeit leistet, wie eine andere, ist hinsichtlich[12] ihrer Leistung dreimal so viel wert als letztere.

Der Wert einer Arbeitsleistung wird durch die in der Zeiteinheit (1 sec) geleistete Arbeit gemessen; diese nennt man Leistung oder Effect. Die Einheit der Leistung entspricht einer Arbeit von Meterkilogramm in 1 Sekunde= $\frac{1\ \text{Mkg}}{\text{sec}}$ (gelesen 1 Meterkilogramm in 1 Sekunde).

Als grössere Leistungseinheit dient in der Technik die Pferdestärke (1 PS)$=75\frac{\text{Mkg}}{\text{sec}}$ Eine Pferdestärke vermag also in der Sekunde 75 kg 1 m hoch zu heben oder auch 25 kg 3 m oder 1 kg 75 m u. s. f.[13]

16.

Einfache und zusammengesetzte Maschinen. Die schiefe Ebene mit ihren Nebenformen[1], dem Keil und der Schraube, und der Hebel mit seinen Nebenformen, der Rolle und dem Rad an der Welle, sind die sogenannten einfachen Maschinen oder mechanische Potenzen. Alle noch so komplizierten[2] Maschinen lassen sich aus diesen Elementen zusammensetzen.

Infolge seines Gewichtes P sucht ein Körper auf einer schiefen, d. h. gegen den Horizont geneigten starren Ebene herabzugleiten oder zu -rollen[3] Hieran soll er durch eine Kraft Z verhindert werden, welche zunächst parallel der schiefen Ebene wirken mag. Gleichgewicht wird sein, wenn die Resultierende von Z und P gerade senkrecht auf der schiefen Ebene steht. Dieselbe stellt[4] alsdann einen[5] auf die schiefe Ebene ausgeübten Druck D dar, welcher durch die Festigkeit der Ebene aufgehoben[6] wird.

Es sei l die Länge, b die Basis und h die Höhe der schiefen Ebene. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke folgt für den Fall[7] des Gleichgewichts

$Z:P=h:l$ oder $Z=P.\ \frac{h}{l}=P \sin a$

$D:P=b:l$ oder $D=P.\ \frac{b}{l}=P \cos a.$

Wird der Zug Z parallel der Basis ausgeübt, so ist im Falle des Gleichgewichts $Z=P \operatorname{tang} a$ und $D=\frac{P}{\cos a.}$

In dieser letzteren Form findet die schiefe Ebene Anwendung als Keil und Schraube.

Den Keil hat man aufzufassen[8] als zwei mit der Basis aufeinander gelegte schiefe Ebenen. Die Kraft wirkt auf den Rücken parallel zur gemeinschaftlichen Basis; der Gegendruck erfolgt parallel zum Rücken.

Im Falle des Gleichgewichts verhält sich die Kraft zu diesem Gegendruck wie der Rücken des Keils zur gemeinsamen Basis (Höhe des Keils).

Die Schraube kann man sich dadurch entstanden[9] denken, dass ein vierkantig- oder dreikantigprismatischer Streifen so um einen Zylinder herumgewickelt worden ist, dass er mit der Zylinderachse immer den gleichen Winkel bildet; man erhält so eine flachgängige[10] bez. scharfgängige[12] Schraube. Ein voller Umlauf des Streifens bildet einen Schraubengang[13]; die Gesamtheit der Schraubengänge bilden das Gewinde[14] der Schraube. Der äussere Durchmesser heisst die Bolzenstärke[15], der Durchmesser des zylindrischen Kerns die Kernstärke.[16]

Arbeitet[17] man in der Wand eines Hohlzylinders, dessen Durchmesser gleich der Kernstärke ist, vierkantig- bez.[11] dreikantigprismatische Schraubengänge aus, so dass der entstehende Hohlraum und die Schraube selbst einander kongruent sind, so erhält man die zur Schraube passende Schraubenmutter.

Stellt man die Achse der Schraube senkrecht, so bildet die obere (oder untere) Grenzfläche eines jeden Schraubenganges eine Fläche, die überall gegen den Horizont unter

gleichem Winkel geneigt ist, für die somit die Gesetze der schiefen Ebene Anwendung finden können. Der Betrag, um den[18] das Gewinde bei einem jeden Umgang steigt, heisst Steigung oder Ganghöhe; dieselbe entspricht der Höhe der schiefen Ebene, während der Umfang des Bolzens der Basis entspricht.

Bei der Schraube wirkt in der Regel die Kraft parallel zum Umfange des Bolzens, der Gegendruck erfolgt in der Richtung der Achse desselben; lässt man die Kraft am Umfange des Bolzens selbst wirken, so verhält sich im Falle des Gleichgewichts die Kraft zum Gegendruck wie der Umfang zur Steigung. Je kleiner also[20] die Steigung und je grösser der Umfang ist, einen um so stärkeren Druck kann man mit einer gegebenen Kraft in der Richtung der Achse der Schraube hervorbringen. Hierauf beruht die Verwendung der Schraube zur Befestigung und zur Erzeugung von starken Drucken (Schraubenpresse). Ferner verwendet man die Schraube vielfach, um sehr kleine Bewegungen hervorzubringen (Mikrometerschrauben, Stellschrauben[21]).

17.

Der Hebel. Unter Hebel versteht man einen starren Körper, welcher um eine feste Achse drehbar ist, und auf welchen Kräfte einwirken, welche ihn um diese Achse nach verschiedenen Richtungen zu drehen suchen. Gleichgewicht findet statt, wenn die algebraische Summe der Drehungsmomente gleich null ist.

Gewöhnlich besitzt der Hebel die Form einer geradlinigen Stange. Die Entfernung des Angriffspunktes der Kraft von der Achse heisst Hebelarm. Beim Winkelhebel liegen die Hebelarme nicht in gerader Linie.

Wenn beim geraden Hebel die Kräfte parallel sind, ver-

halten[1] sie sich, im Falle des Gleichgewichts, umgekehrt wie die Hebelarme.

Bekannt[2] ist die Anwendung des geraden Hebels zum Heben der Lasten. Je kürzer hierbei[3] der Hebelarm der Last und je länger derjenige der Kraft ist, um so grösser kann erstere, um so kleiner letztere sein. Ein Gewinn an Arbeit findet[4] beim Hebel nicht statt, weil der Weg der Kraft gerade so vielmal so gross ist, als derjenige der Last, wie der Hebelarm der ersteren als derjenige der letzteren.

Der Winkelhebel dient hauptsächlich dazu, Richtungsänderungen bei der Uebertragung von Bewegungen hervorzubringen, z. B.[5] bei Klingelzügen.

Die feste Rolle bildet einen zweiseitigen, gleicharmigen Hebel, wobei[6] die Kraft P und die Last L an den Enden eines über die Rolle gelegten Seiles wirken. Gleichgewicht herrscht, wenn P=L ist. Sie dient hauptsächlich dazu, um einer gegebenen Kraft eine andere Richtung zu geben. Die lose Rolle hängt frei im Seile, welches einerseits befestigt ist, während an der andern Seite die Kraft wirkt; die Last ist an der Achse der Rolle aufgehängt. Zur Hebung grösserer Lasten bedient man sich in der Regel[7] einer Verbindung mehrerer fester und loser Rollen, welche man Flaschenzug[8] nennt.

Das Rad an der Welle[9] in seiner einfachsten Form finden wir bei der gewöhnlichen Winde; die Last hängt an einem[10] um die Welle geschlungenen Seile, die Kraft wirkt am Umfange des Rades. Gleichgewicht besteht, wenn sich die Kraft zur Last verhält wie der Halbmesser der Welle zu demjenigen des Rades.

Eine besondere Form des Wellrades ist die Kurbel. Ferner gehören hierher das Zahnrad in seinen mannigfaltigen Formen, endlich die Riemen- und Seilscheiben.[11]

18.

Fortpflanzung[1] *eines Drucks innerhalb einer Flüssigkeit.* Wenn man auf einen Teil der Oberfläche einer[2] vollständig von den Wänden eines Gefässes umschlossenen Flüssigkeit einen Druck ausübt, so suchen die Teilchen diesem Drucke nach allen Richtungen hin auszuweichen; infolgedessen[3] pflanzt[4] sich der Druck nach allen Richtungen hin mit gleicher Stärke fort.

Ein[5] in eine Flüssigkeit eingetauchter starrer Körper erleidet durch dieselbe einen Druck nach oben, einen Auftrieb, welcher gleich ist dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit. Dieser Satz ist das sogen.[6] Archimedische Prinzip.

Um das relative Gewicht eines starren Körpers zu bestimmen, hängt man denselben an einem feinen Draht auf, bestimmt sein Gewicht P_1, taucht ihn alsdann in ein Gefäss mit Wasser und ermittelt abermals das Gewicht P_2. Alsdann ist $D = P_1 : (P_1 - P_2)$. Der Gewichtsverlust des eingetauchten Drahtstücks ist meist so klein, dass es nicht berücksichtigt zu werden braucht.

Ist[7] ein Körper spezifisch leichter als eine Flüssigkeit, und taucht[7] man denselben ganz unter die letztere, so ist der Auftrieb grösser als das Gewicht des Körpers, und der letztere hat infolgedessen das Bestreben in der Flüssigkeit emporzusteigen; er steigt jedoch nur so weit, bis zwischen dem Auftrieb, welcher der noch eintauchende Teil des Körpers erfährt und seinem Gewicht gerade Gleichgewicht besteht. Alsdann schwimmt der Körper, und dabei[8] gilt[9] das Gesetz: Ein schwimmender Körper taucht gerade so weit ein, dass das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit gleich dem Gewicht des Körpers wird. So schwimmt Kork auf Wasser, Eisen auf Quecksilber. Besitzt der Kork z. B. das relative Gewicht 0,2, so taucht beim Schwimmen nur 0,2

seines Volumens in das Wasser ein. Schwimmt Eisen vom relativen Gewicht 7,8 auf Quecksilber vom relativen Gewicht 13,6, so ist das eingetauchte Volumen $\frac{7,8}{13,6} = 0,574$ von dem Gesammtvolumen des Eisens.

Ausfluss von Flüssigkeiten. Macht man in die Wandung eines[10] mit einer Flüssigkeit gefüllten Gefässes eine Oeffnung, so fliesst die Flüssigkeit aus derselben in Form eines zusammenhängenden Strahls aus. Die Geschwindigkeit, mit der die Flüssigkeitsteilchen aus der Oeffnung herausgeschleudert werden, die sogenannte Ausflussgeschwindigkeit, ist gleich derjenigen eines Körpers, welcher die Höhe von der Oberfläche bis zur Ausflussöffnung frei durchfallen hat, d. h. $v = \sqrt{2gH}$, wenn H diese Druckhöhe[11] ist. Dieser Satz ist das sogenannte Torricellische Theorem.

19.

Der Heber[1] dient dazu, eine Flüssigkeit selbsttätig[2] über den Rand eines Gefässes hinweg von einem höheren auf ein tieferes Niveau[3] zu befördern. Derselbe besteht aus einer zweischenkelig[4] gebogenen Röhre, die (am einfachsten durch Ansaugen) mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt wird und mit dem einen Schenkel in die Flüssigkeit eintaucht. Dann fliesst die Flüssigkeit so lange aus der Oeffnung des äusseren Schenkels heraus, und wird dabei[5] über die Gefässwand hinweggehoben, als das Niveau im Gefäss höher als die äussere Oeffnung liegt.

Festigkeit[6] nennt man den Widerstand, den ein starrer Körper einer Trennung seiner Teile entgegensetzt. Als Mass[7] der Festigkeit dient die zur Trennung erforderliche Kraft. Man unterscheidet

1. Die absolute Festigkeit oder Zugfestigkeit[8], den Widerstand gegen das Zerreissen. Dieselbe ist dem Quer-

schnitt[9] proportional und ausserdem vom Stoff abhängig. Man giebt sie in der Regel in Kilogramm für das Quadratmeter an und nennt diese Grösse[10] den Festigkeitsmodulus oder -Koeffizient.

2. Die rückwirkende[11] Festigkeit oder den Widerstand gegen das Zerdrücken.

3. Die relative[12] Festigkeit oder den Widerstand gegen das Zerbrechen.

4. Die Torsionsfestigkeit oder den Widerstand gegen das Zerdrehen.

5. Die Scher- oder Schubfertigkeit oder den Widerstand gegen das Abscheren.

6. Die Härte oder den Widerstand gegen das Eindringen eines anderen Körpers in die Oberfläche.

Unter Elastizität versteht man die Eigenschaft der Körper, vermöge deren sie nach Grössen- und Formänderungen,[13] die innerhalb einer gewissen Grenze bleiben, wieder in die frühere Grösse und Form zurückkehren. Die Grenze, welche hierbei nicht überschritten werden darf, heisst die Elastizitätsgrenze.

Man nennt Körper, die schon bei geringen Formänderungen brechen, spröde[14]; solche, die starke Formänderungen ertragen, ohne dass sie den Zusammenhang verlieren, zähe[15], dehnbar[16] oder geschmeidig.[17]

20.

Der Schall. Wir verstehen unter Schall eine Gehörempfindung,[1] welche im Gehörorgan durch eine longitudinale Wellenbewegung[2] der Luft erregt wird. Diese Wellenbewegung wird durch gewisse Schwingungsbewegungen starrer, flüssiger oder gasförmiger Körper verursacht.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit[3] des Schalls in der

Luft bei 0° ist $332{,}4 \frac{m}{sec}$ Sie ist unabhängig vom Luftdruck, ändert sich aber mit der Temperatur.

Sehr gut pflanzt sich auch der Schall in starren und flüssigen Körpern fort. Hierauf beruht das sogenannte Fadentelephon[4]. Zwei[5] über Holzringe ausgespannte Stücke Blase sind durch einen in ihren Mitten befestigten, frei ausgespannten Faden oder Metalldraht verbunden, der mehr als 100 m lang sein kann. Spricht man gegen die eine Membran, so reproduziert die andere die Worte ziemlich deutlich.

Wie jede Wellenbewegung, so wird auch der Schall, wenn er an eine Grenze des Mittels[6], in welchem er sich ausbreitet, gelangt, daselbst teilweise in das alte Mittel zurückgeworfen. Dies geschieht z. B. an Felswänden, Wäldern, Häusern, aber auch an verschieden warmen Luftschichten.

Durch die Reflexion des Schalles entsteht auch das Echo. Da wir Schalleindrücke nur dann deutlich getrennt wahrnehmen, wenn zwischen ihnen mindestens 0,1 Sekunde liegt, so muss der reflektierende Gegenstand für ein einsilbiges Echo mindestens 17 m entfernt sein. Bei geringerer Entfernung beobachtet man nur einen Nachhall.[7]

Beim Sprachrohr und Hörrohr benutzt man die Zurückwerfung des Schalles an starren Wänden, um die Schallstrahlen vorwiegend[8] nach einer Richtung hin zu lenken. Das erstere besteht aus einem etwa 2 m langen, schwach konischen Rohr, am besten aus mehrfach übereinandergeleimtem Papier hergestellt und gut lackiert. Blecherne Rohre klirren. Der Schall der am engeren Ende hineingesprochenen Worte pflanzt sich infolge der Reflexion vorwiegend in der Richtung der Achse fort. Umgekehrt wirkt das Hörrohr. In nicht zu engen Rohrleitungen pflanzt sich der Schall auf weite Strecken ziemlich ungeschwächt fort.

Hiervon macht man praktische Anwendung, um zwischen entfernten Räumen eines Hauses Sprechverbindung herzustellen.

Man unterscheidet Geräusche und Klänge. Das Geräusch entsteht durch unregelmässige, der Klang durch regelmässige oder periodische Schwingungsbewegungen. Sind[9] insbesondere diese Schwingungn einfache Sinusschwingungen,[10] so nennen wir den Klang einen Ton oder auch einen einfachen Ton. An einem Ton unterscheidet man vor Allem zwei Eigenschaften, eine bestimmte Höhe und eine bestimmte Stärke. Die Höhe des Tons hängt[11] von der Schwingungszahl oder von der Wellenlänge ab: je grösser die Schwingungszahl ist, desto höher ist der Ton.

Kein musikalisches Instrument giebt einfache Töne, wie sie einfachen, stehenden[12] Sinusschwingungen entsprechen würden, sondern bei[13] allen, nur bei den einen mehr, bei den andern weniger, erklingen immer mit dem Grundton[14] gleichzeitig Obertöne. Je nach der Höhe, Zahl und Stärke der letzteren gewinnt dadurch der Grundton ein anderes Gepräge[15]; man bezeichnet dies mit dem Namen Klangfarbe.[16]

21.

Das Licht. Körper, welche an sich die Fähigkeit besitzen, Licht auszusenden, heissen selbstleuchtend[1], im Gegensatz hierzu müssen dunkle Körper von andern beleuchtet werden, wenn sie sichtbar sein sollen. Alle Erscheinungen des Lichts lassen sich nur dann ungezwungen[2] erklären, wenn wir annehmen, dass das Licht aus einer transversalen Wellenbewegung eines Mittels[3] besteht, welches man Lichtäther[4] oder Aether nennt. In diesem beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sehr nahe 300 000 000 $\frac{m}{sec}$

Die geraden Linien, längs deren das Licht sich fortpflanzt, nennt man Lichtstrahlen.

Die geradlinige Fortpflanzung der Lichtstrahlen erkennt man daran[5], dass ein leuchtender Punkt unsichtbar wird, wenn zwischen ihn und das Auge in die gerade Verbindungslinie beider ein undurchsichtiger Körper tritt. Besitzen[6] der leuchtende und der undurchsichtige Körper eine gewisse Ausdehnung, so erhält ein Teil des Raumes hinter dem letzteren gar kein Licht (Kernschatten[7]), während ein anderer Teil des Raumes nur von einem Teil des leuchtenden Körpers Licht empfängt (Halbschatten[8]). Bei den Mondfinsternissen tritt der Mond in den Kernschatten der Erde; bei den totalen Sonnenfinsternissen streicht der Kernschatten des Mondes über die Erde.

Wir sind nicht im Stande Lichtstärken unmittelbar[9] zu messen; wir haben nicht einmal die Fähigkeit, durch unser Auge die Beleuchtung einer Fläche in Zahlen abzuschätzen. Wir sind daher bei der Messung der Stärke einer Lichtquelle auf die Vergleichung derselben mit derjenigen eines Normallichtes angewiesen[10]. Zu diesem Zwecke lässt man von zwei unmittelbar nebeneinander liegenden Flächen die eine von der Normalkerze, die andere von der zu messenden Lichtquelle unter gleichen Einfallswinkeln[11] beleuchten und reguliert die Entfernungen so, dass die Beleuchtungen dieselben werden. Alsdann verhalten sich die beiden Lichtstärken wie die Quadrate der Entfernungen der Lichtquellen von den beleuchteten Flächen. Dieses Verfahren heisst Photometrie und die dazu verwendeten Apparate nennt man Photometer.

In dem Photometer von Bunsen ist die von den beiden Lichtquellen gleichzeitig beleuchtete Fläche ein Schirm[12] von weissem Papier, der in der Mitte einen Stearinfleck hat.

Beleuchtet die eine Lichtquelle den Schirm von der einen Seite, so erscheint der Fleck von dieser Seite aus dunkel gegen das Papier, weil er mehr Licht durchlässt und weniger zurückwirft als die reine Papierfläche. Bringt man nun auf die andere Seite des Schirmes die andere Lichtquelle in eine solche Entfernung, dass der Fleck beiderseits hell erscheint, so sind beide Seiten des Schirmes gleich stark beleuchtet.

22.

Alle Strahlen, welche von einem leuchtenden Punkt vor einem ebenen Spiegel[1] ausgehen, werden so zurückgeworfen, dass sie für das Auge eines Beobachters von einem Punkte hinter dem Spiegel herzukommen scheinen; diesen Punkt nennt man das Spiegelbild[2] des leuchtenden Punktes. Dieses Spiegelbild liegt auf der[3] vom leuchtenden Punkt auf die Spiegelebene gefällten Senkrechten, und zwar ebensoweit hinter dieser Ebene wie der leuchtende Punkt davor.

Befindet sich ein leuchtender Gegenstand zwischen zwei einen spitzen Winkel einschliessenden Spiegeln, so dient das Bild von einem der Spiegel als Gegenstand für den andern und umgekehrt. Wir erhalten so eine Anzahl von Bildern, welche mit dem Gegenstand auf einem[4] um den Durchschnitt[5] der beiden Spiegel beschriebenen Kreis liegen. Ist z. B. der Spiegelwinkel 60°, so gruppieren sich Gegenstand und Bilder in Form eines Sechsecks. Benutzt man als Gegenstände, die man zwischen die Spiegel bringt, bunte Glasstückchen, Perlen[6] etc., so erhält man beim[7] Hineinblicken mosaikartige Bilder in Form von sechseckigen Sternen (Kaleidoskop).

Ein[8] von zwei[9] unter einem Winkel *a* gegen einander ge-

neigten Ebenen begrenztes, durchsichtiges Mittel nennt man in der Optik ein Prisma; die beiden Ebenen, durch die der Lichtstrahl ein- und austritt, heissen die brechenden[10] Flächen, ihre Durchschnittslinie heisst die brechende Kante, der Winkel *a* zwischen den beiden Ebenen heisst der brechende Winkel des Prismas. Man giebt gewöhnlich einem solchen Körper die Gestalt eines geraden dreiseitigen geometrischen Prismas.

Lässt man weisses Licht, z. B. Sonnenlicht, durch einen[11] parallel zur brechenden Kante gestellten, engen Spalt hindurch auf ein Prisma fallen, so erhält man nicht ein einfaches weisses, sondern ein bandförmig auseinandergezogenes[12] und an verschiedenen Stellen verschieden gefärbtes Bild des Spaltes, weil sich im Prisma die Strahlen von grösserer Wellenlänge rascher fortpflanzen als die von kleinerer. Ein solches farbiges Spaltbild nennt man Spektrum. Das weisse Licht besteht aus einem Gemisch von unendlich vielen Strahlen verschiedener Farbe. Das rote Licht ist am wenigsten, das violette am stärksten brechbar.[13]

Glühende Gase und Dämpfe von geringer Dichte besitzen die merkwürdige Eigenschaft, nur einzelne[14] ganz bestimmte Lichtarten auszusenden, während alle anderen Farben fehlen. Im Spektroskop erhält man dann, den einzelnen vorhandenen Farben entsprechend, einzelne farbige Spaltbilder in Gestalt von leuchtenden Linien auf dunkelem Grunde. Man erhält derartige[15] Dämpfe, indem man[16] leichtflüchtige Metallsalze in die nichtleuchtende Flamme des Bunsenschen Gasbrenners bringt. Wo die Temperatur der Bunsenflamme nicht ausreicht, verwendet man das Knallgebläse[17] oder das elektrische Kohlenlicht.

Kirchhoff und Bunsen wiesen nach, dass diese Linien für die betreffenden[18] Metalle charakteristisch sind, so dass

aus ihrer Anwesenheit im Spektrum auf die Anwesenheit des betreffenden Metalles geschlossen werden kann[19]. Hierauf gründet sich die Spektralanalyse.

23.

Die Wärme. Wärme ist, ähnlich dem Licht und Schall, eine gewisse Empfindung, welche durch gewisse in der Oberhaut endigende Nerven vermittelt[1] wird. Wir nennen einen Körper kalt oder warm, je nachdem seine Temperatur niedriger oder höher ist als die unserer Haut.

Früher schrieb[2] man die Wärmeerscheinungen einem gewichtlosen Stoffe zu. Jetzt ist man zu der Ansicht gelangt, dass die von den Körpern ausgestrahlte Wärme, wie das Licht, in transversalen Aetherschwingungen besteht und dass die Ursache der Wärme eine mehr oder weniger lebhafte Bewegung der Moleküle der Körper ist.

Jede Temperaturänderung hat eine Aenderung des Volumens zur Folge und zwar[3] nimmt[4] dasselbe mit wachsender Temperatur zu, mit abnehmender ab. Man überzeugt sich von dieser Thatsache, indem man[5] eine Metallkugel, welche kalt gerade durch einen Ring hindurchfällt, erhitzt; die Kugel bleibt alsdann auf dem Ringe liegen.

Gewöhnlich benutzt man zur Temperaturmessung die Ausdehnung des Quecksilbers.

Das Quecksilberthermometer besteht aus einem kugelförmigen oder zylindrischen Glasgefäss, an welches eine enge Röhre angeschmolzen ist. Das Glasgefäss und ein Teil der Röhre ist mit Quecksilber gefüllt. Um die Lagenänderung[6] des Endes der Quecksilbersäule in der Röhre bestimmen zu können, ist hinter oder auf der letzteren eine Skala angebracht. Diese Lagenänderung ist bei derselben Temperaturänderung um so grösser, je grösser das Volumen

des Quecksilbers und je enger das angesetzte Rohr ist. Um die Angaben der Thermometer vergleichbar zu machen, bestimmt man auf der Skala zunächst zwei Punkte, an denen das Ende der Quecksilbersäule sich bei[7] zwei bestimmten Temperaturen befindet. Diese Punkte sind der Gefrierpunkt, entsprechend der Temperatur des gefrierenden Wassers oder des schmelzenden Eises, und der Siedepunkt, entsprechend der Temperatur des bei[7] 760 mm Barometerstand siedenden, reinen Wassers. Diese Punkte heissen Fundamentalpunkte und ihr Abstand[8] heisst Normalabstand.

Man erhält die Skala, indem man[5] diesen Normalabstand in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile teilt, welche man Grade nennt.

24.

Die in der Wissenschaft allein gebrauchte Skala ist die hundertteilige oder Zentesimalskala. Bei[7] dieser ist der Gefrierpunkt mit 0°, der Siedepunkt mit 100° bezeichnet.

Ein homogener starrer Körper dehnt sich nach allen Richtungen hin gleichmässig aus, d. h. alle Dimensionen vergrössern sich um[1] denselben Bruchteil ihrer ursprünglichen Länge. Man nennt den Bruchteil der ursprünglichen Grösse des Körpers, um[1] welche dieselbe bei einer Temperaturänderung um[1] 1° C sich ändert, den Ausdehnungskoeffizienten (für Eisen z. B. 0,0000123).

Bei genauen Längenmessungen ist zu beachten, dass die Länge des Massstabes von der Temperatur abhängt. Ist z. B. ein eiserner Massstab bei 15° C gerade 5 m lang, so ist seine Länge bei 25° C=5 (1+0,0000123[25—15]) = 5,000615 m. Bei —5° C dagegen ist sie 5(1+0,0000123 [—5—15]=4,99877 m d. h. bezw.[2] 0,6 mm zu lang und 1,2 mm zu kurz.

Die Kraft, mit der die Ausdehnung und Zusammenziehung der Metalle erfolgt, ist ebensogross wie die, welche erforderlich wäre, um dieselbe Aenderung durch mechanischen Zug oder Druck hervorzubringen. Man muss deshalb eiserne Träger[3], Brücken, Dampfkessel etc. so mit dem Mauerwerk[4] verbinden, dass sie sich ungehindert ausdehnen und zusammenziehen können. Eiserne Radreifen[5] werden heiss aufgezogen, damit sie nach dem Erkalten das Rad fest zusammenpressen. Dasselbe gilt[6] von den sogenannten Schrumpfringen[7] der grossen Geschützrohre.

Die Temperatur, bei[8] der ein starrer Körper flüssig wird, heisst sein Schmelzpunkt; die Temperatur, bei der ein flüssiger Körper starr wird, heisst sein Erstarrungs- oder Gefrierpunkt. Beide Temperaturen sind für dieselbe Substanz gleich. Das Schmelzen und Erstarren ist meist von einer plötzlichen sprungweisen Aenderung des Volumens begleitet. So dehnt sich das Wasser beim Gefrieren um[1] beinahe $^{1}/_{11}$ seines Volumens aus; infolgedessen ist das Eis spezifisch leichter als das Wasser. Die Ausdehnung geschieht mit grosser Gewalt, so dass selbst starke gusseiserne Bomben durch darin gefrierendes Wasser zersprengt werden.

Die Verwandlung des flüssigen in den gasförmigen Zustand nennt man Verdampfen; der Uebergang des Dampfes in Flüssigkeit heisst Verdichtung. Eine Flüssigkeit entwickelt bei[8] jeder Temperatur Dampf. Infolge seines Bestrebens sich auszubreiten, übt[9] der Dampf, wie jedes Gas, einen gewissen Druck aus, welchen man Dampfdruck oder Dampfspannung[10] nennt. Die Dampfspannung wächst mit der Temperatur der Flüssigkeit.

Eine Flüssigkeit siedet, sobald die Spannkraft[10] ihres Dampfes gleich dem Luftdruck geworden ist. Die Temperatur, bei[8] welcher das Sieden bei[8] einem Druck von 760

mm Quecksilber eintritt, nennt man den Siedepunkt. Beim[8] Sieden entweicht der Dampf nicht nur von der Oberfläche, sondern es[11] bilden sich auch im Inneren der Flüssigkeit Dampfblasen. Indem dieselben aufsteigen, verursachen sie das Aufwallen der Flüssigkeit. Man nennt auch die Dampfbildung beim[8] Sieden Verdampfen[12] im engeren Sinne, während man die Dampfbildung, wobei der Dampfdruck kleiner als der Luftdruck ist, als Verdunstung[13] bezeichnet.

25.

Der Siedepunkt wird erniedrigt, wenn der Druck vermindert, und erhöht, wenn der Druck vermehrt wird. Vermindert man z. B. den Druck auf 92 mm, so siedet das Wasser bereits bei[1] 50° C. Man benutzt diese Verminderung der Siedetemperatur, wie z. B. bei[1] den Vakuumpfannen[2] in den Zuckersiedereien[3], um Wasser aus Stoffen zu entfernen, die sich bei höherer Temperatur zersetzen würden.

Umgekehrt[4] kann man die Temperatur des siedenden Wassers steigern, wenn man dasselbe in einem geschlossenen Gefäss erhitzt. Dann kann der sich entwickelnde Dampf nicht entweichen, wodurch der Druck und damit die Temperatur steigt. Hierauf beruht der Papinsche[5] Topf oder Digestor, ein starker eiserner Topf mit angeschraubtem Deckel, woran ein Sicherheitsventil[6] angebracht ist, welches sich bei einem bestimmten Druck öffnet. Man kann in einem solchen Topf Substanzen in Lösung bringen, die sich in Wasser, das bei gewöhnlichem Druck siedet, nicht auflösen.

Gesättigt nennt man einen Dampf, wenn derselbe die[7] grösste bei[1] einer bestimmten Temperatur mögliche Spannkraft und das grösste relative Gewicht besitzt. Andernfalls nennt man den Dampf ungesättigt oder überhitzt. Man kann

überhitzten Dampf erhalten, entweder indem man[8] eine gewisse Menge von gesättigtem Dampf absperrt[9], und, ohne die Temperatur zu ändern, sein Volumen vergrössert, oder indem man die Temperatur des abgesperrten Dampfes steigert, oder indem man beides gleichzeitig ausführt.

Sobald der überhitzte Dampf eine bestimmte Temperatur überschritten hat, lässt er sich durch keinen noch[10] so grossen Druck mehr in eine tropfbare[11] Flüssigkeit verwandeln. Er verhält sich dann völlig wie die sogen.[12] permanenten Gase. Beim[1] Wasser ist diese kritische Temperatur 364° Celsius.

Ein starrer Körper verwandelt sich beim[1] Erwärmen nicht mehr in eine Flüssigkeit, wenn der Druck, unter dem er steht, kleiner ist als die Spannkraft des Dampfes bei[1] der Erstarrungstemperatur des flüssigen Körpers. Man nennt diesen Grenzwert[13] den kritischen Druck. Unterhalb des kritischen Drucks kann ein Körper nur im gasförmigen und starren Zustand existieren. So verdampft Eis unter einem geringeren Drucke als 4,6 mm, ohne sich erst in Wasser zu verwandeln.

26.

Die Fortpflanzung der Wärme. Wenn zwei Körper verschiedene Temperaturen haben, so giebt der wärmere Körper an den kälteren Wärme ab. Hierbei können die Körper entweder durch einen beliebig[1] grossen Zwischenraum getrennt sein: in diesem Falle geschieht die Uebertragung der Wärme durch Strahlung[2]; oder dieselben sind in unmittelbarer Berührung oder endlich durch einen dritten Körper miteinander verbunden: alsdann pflanzt sich die Wärme direkt von Molekül zu Molekül durch Leitung[3] fort. Eine dritte Art der Wärmeverbreitung, die nur in flüssigen und

gasförmigen Körpern stattfinden kann, ist die Zirkulation. Erwärmt man z. B. eine Stelle eines Gefässes, das mit Wasser gefüllt ist, so steigt das erwärmte Wasser in dem umgebenden kälteren auf, während das letztere nach der erwärmten Stelle hinfliesst. Infolge dieser Zirkulation gleicht[4] sich die Temperatur der Wassermasse rasch aus. Hierauf beruht die Warmwasserheizung mit geschlossenem Röhrensystem.

Die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung geschieht selbst in den sogen. guten Wärmeleitern ausserordentlich langsam; noch viel langsamer verbreitet sich die Wärme in den schlechten Wärmeleitern. Wir haben uns den Vorgang so vorzustellen[5], dass hierbei[6] die Wärme durch Strahlung von einer Molekülschicht der benachbarten übermittelt[7] wird, während bei[8] der Wärmestrahlung die Vermittlung nur durch den Aether erfolgt.

Die absolute Wärmeleitungsfähigkeit der Körper wird gemessen durch die Anzahl von Wärmeeinheiten[9] oder Grammkalorien, welche in 1 sec durch 1 cm^2 des Querschnitts hindurchgehen, wenn zwei um[10] 1 cm abstehende Querschnitte einen Temperaturunterschied von 1° C besitzen, oder wie man hierfür auch sagen kann, wenn das Temperaturgefälle den Wert 1 besitzt.

Für die Heizungstechnik[11] ist besonders der Hindurchtritt von Wärme durch eine Scheidewand aus einem wärmeren in einen kühleren Raum von Wichtigkeit, ein Vorgang, den man auch Wärmetransmission nennt.

27.

Spezifische und latente Wärme. Um verschiedene Körper um[1] 1° C zu erwärmen, bedarf es der Zufuhr von verschiedenen Wärmemengen[2], welche wir die Wärmekapazität

der Körper nennen. Dieselbe ist immer der Masse des Körpers proportional.

Man misst die Wärmekapazität nach Wärmeeinheiten oder Kalorien, wobei[3] man unter einer Kalorie (1 cal) diejenige Wärmemenge versteht, welche nöthig ist, um die Temperatur von 1 kg (oder 1 g) Wasser von 0° auf 1° C oder auch allgemein um 1° C zu steigern.

Diejenige Anzahl von Kalorien, welche nötig sind, um die Temperatur von 1 kg (oder 1 g) einer Substanz um[1] 1° C zu erhöhen, heisst die spezifische Wärme der Substanz. Wärmeaufnahme ohne Temperaturerhöhung findet beim[4] Schmelzen oder Auflösen und beim[4] Verdampfen der Körper statt. Man nennt diese Wärme gebunden oder latent.

Bei[4] den umgekehrten Aggregatzustandsänderungen[5], dem Erstarren und der Kondensation, wird die latente Wärme wieder frei.

Die latente Wärme des Wasserdampfes beträgt beim[4] Siedepunkt 536 cal. Man braucht also[6], um 1 kg Wasser von 100° in Dampf von derselben Temperatur überzuführen, so viel Wärme, dass man damit z. B. 10 kg Wasser um[1] 53,6° C erwärmen könnte. Umgekehrt[7] giebt jedes Kilogramm Wasserdampf von 100° bei[4] der Verdichtung zu Wasser von 100° 536 cal ab. Man macht hiervon Gebrauch bei[4] der Dampfheizung.

Die Bestimmung der spezifischen und latenten Wärme geschieht mittels des Kalorimeters, einer Vorrichtung mittels deren man diejenige Wärmemenge misst, welche ein Körper von bestimmter Masse bei[4] einer Abkühlung um[1] eine bestimmte Anzahl von Graden hergiebt oder bei[4] einer Erwärmung um[1] eine bestimmte Anzahl von Graden aufnimmt. Dies kann auf drei verschiedene Arten ausgeführt werden. 1. Man bringt den auf eine bestimmte Temperatur

erhitzten Körper in eine abgewogene Menge Wasser von niederer Temperatur und ermittelt[8] die Temperatur, welche beide zusammen schliesslich annehmen. 2. Man ermittelt die Menge von Eis, welche der auf eine bestimmte Temperatur erwärmte Körper zu schmelzen vermag.[9] 3. Man bestimmt diejenige Menge von Wasser, welche der Körper in einem Strom von gesättigtem Wasserdampf niederschlägt,[10] während er sich auf die Temperatur des Dampfes erwärmt.

28.

Wärme aus mechanischer Arbeit. Wärme entsteht[1] bei der Reibung und beim unelastischen Stoss der Körper; bei diesen Vorgängen wird mechanische Arbeit verbraucht. Die Versuche haben gelehrt, das zur Erzeugung von 1 cal immer eine ganz bestimmte Arbeitsgrösse[2] von im Mittel[3] 425 mkg nötig ist. Umgekehrt kann sich unter Umständen Wärme wieder in mechanische Arbeit umsetzen, wobei[4] man für je $^1|_{425}$ cal eine Arbeitsleistung von 1 mkg erhält. Man nennt die Grösse 425 mkg das mechanische Aequivalent der Wärme, während $^1|_{425}$ cal. das calorische Aequivalent der Arbeit ist.

Beispiele von der Umsetzung von Wärme in mechanische Arbeit findet man in den Heissluftmotoren, bei welchen eine angesaugte und dann durch die Bewegung eines Kolbens verdichtete Luftmenge[5] erhitzt wird und bei der während der Erhitzung stattfindenden Ausdehnung einen zweiten Kolben vorwärts schiebt, welcher mittels Pleuelstange[6] und Kurbel[7] eine Welle[8] mit Schwungrad[9] in Bewegung setzt und so die von der erhitzten, sich ausdehnenden Luft abgegebene Arbeit an letztere abgiebt. Die Luftmenge kann dabei[10] bei[11] jedem Hub neu aufgesaugt werden (Ericson), oder die Maschine kann immer mit demselben Luftquantum

arbeiten (Lehmann). Diese Maschinen müssen infolge der Schwierigkeit, die Wärme rasch der Luft zuzuführen, mit hohen Temperaturen der Heizflächen und darum ungünstig arbeiten. Günstiger ist daher der Motor von Hock, bei welchem die Arbeitsluft durch den Heizraum hindurchgeführt wird.

Diese Maschinen bilden bis zu einem gewissen Grade den Uebergang[12] zu den weit vollkommeneren Gaskraftmaschinen, bei welchen ein explosives Gemisch von Luft und Leucht- oder Heizgas angesaugt, zusammengedrückt und dann entzündet wird. Das durch die rasche Verbrennung auf sehr hohen Druck gebrachte Gemenge von Stickstoff und den Verbrennungsprodukten des Gases treibt alsdann den Kolben wieder vorwärts und giebt dabei[13] an denselben Arbeit ab, welche auf eine Welle mit Schwungrad übertragen wird. Beim Rückgang des Kolbens werden die infolge der Ausdehnung stark abgekühlten Verbrennungsgase in die Luft hinausgetrieben. Dann wird wieder Gemisch angesaugt, komprimiert, entzündet etc., d. h. bei je zwei Hin- und Hergängen des Kolbens wird nur während eines Kolbenhubs[14] Arbeit geleistet (Viertaktmotor von Otto). Die Gaskraftmaschinen setzen[15] jetzt bis über 30 Prozent der gesammten bei der Verbrennung des Gases entstehenden Wärme in mechanische Arbeit um.

29.

Aehnlich ist die Wirkung der Dampfmaschine, bei welcher der in einem Dampfkessel erzeugte, hochgespannte und dann mehr oder weniger überhitzte Dampf ebenfalls in einen Zylinder[1] mit Kolben tritt und diesen vorwärts schiebt. Um die im Dampf enthaltene Energie möglichst auszunutzen, sperrt[2] die sogenannte Steuervorrichtung[3] den

Zutritt des frischen Dampfes aus dem Kessel nach etwa $^{1}|_{10}$ bis $^{1}|_{3}$ des Kolbenweges ab, und der Dampf dehnt sich dann weiter nahezu adiabatisch unter Abkühlung und Abnahme des Druckes aus, wobei[4] ihm aber durch Heizung der Zylinderwände etwas Wärme zugeführt werden muss, wenn keine Verdichtung eintreten soll. Der bis nahezu Atmosphärendruck ausgedehnte Dampf tritt dann entweder in die Luft aus oder er tritt in einen sogenannten Kondensator, worin er durch Abkühlung der Wandungen oder durch eingespritztes Wasser verdichtet wird. Hierbei[4] entsteht ein bis etwa 65 cm Quecksilbersäule niedrigerer[5] Druck, als der Atmosphärendruck beträgt; der auf Atmosphärendruck expandierte Dampf kann sich also noch weiter ausdehnen und dabei[4] Arbeit abgeben. Wegen der bei letzteren Maschinen notwendigen Pumpe zum Fortschaffen des Kondenswassers aus dem Kondensator geht[6] hierbei ein Teil Arbeit wieder verloren, der bei kleinen Maschinen grösser ausfallen[7] kann als der durch die Verdichtung erzielte Gewinn.

Beträgt der Ueberdruck des Kesseldampfes nicht mehr als 6 Atm., so genügt für die Ausdehnung ein Zylinder. Bei 8 bis 10 Atm. Kesselüberdruck ist es aber vorteilhafter, die Expansion stufenweise auf 2 Zylinder, den Hochdruckzylinder mit kleinerem und den Niederdruckzylinder mit grösserem Durchmesser zu verteilen, während man für noch höheren Dampfdruck (12 bis 17 Atm.) die Expansion auf 3 und sogar 4 Zylinder verteilt. Da selbst in dem bei niederer Temperatur verdichteten Dampf noch sehr grosse Wärmemengen enthalten sind, hat man in neuester Zeit versucht, die Wärmeausnutzung der Dampfmaschine noch vollkommener zu gestalten, indem man[8] den Kondensator einer Wasserdampfmaschine als Heizapparat für einen mit Aether oder flüssiger schwefliger Säure gefüllten zweiten

Dampfkessel verwendete und mittels der schon bei niederer Temperatur hoch gespannten Dämpfe dieser Flüssigkeiten eine zweite mit der ersten mechanisch gekuppelte Dampfmaschine antrieb. Auf diese Weise hat man den Wirkungsgrad[9] der Dampfmaschine, der bei der Wasserdampfmaschine zusammen mit dem Kessel bis etwa 12 Prozent erreicht, auf 17 Prozent zu steigern vermocht. Aehnliche Vorteile hat man durch sehr starke Ueberhitzung des Dampfes erreicht.

Bei den modernen Dampfturbinen, welche jetzt so weit vervollkommnet sind, dass ihr Wirkungsgrad denjenigen der Zweifachexpansionsmaschinen erreicht, lässt man den Dampf, ähnlich dem Wasser bei den Wasserturbinen, ausströmen und die mit grosser Geschwindigkeit austretenden Dampfstrahlen[10] auf ein Schaufelrad drücken. Wegen der grossen Ausflussgeschwindigkeit des Dampfes muss auch, um einen günstigen Wirkungsgrad zu erzielen, die Umfangsgeschwindigkeit des Schaufelrads sehr hoch sein.

30.

Mechanische Wärmetheorie. 1. Ein grosses Quantum von Wärmeenergie ist immer einem ganz bestimmten Quantum mechanischer Energie äquivalent. Die Summe der beiden Energiearten[1] in einem gegen die Aussenwelt vollkommen abgeschlossenen Raume, in welchem sich beliebige[2] Umwandlungen der einen in die andere Energieform zutragen[3], ist deshalb konstant. Dieser Satz heisst auch das Prinzip von der Erhaltung der Energie.

2. Bei Kreisprozessen[4] vollziehen sich die Umwandlungen so, dass dabei die umgewandelte Wärme immer den Wärmequellen höherer Temperatur entnommen wird, während eine Ueberführung von Wärme aus einer Wärmequelle niederer

Temperatur in eine höhere nur durch Aufwendung von mechanischer Arbeit oder einer anderen Energieform vollzogen werden kann, und bei jedem solchen Kreisprozess findet eine Vermehrung der Wärmeenergie auf Kosten der anderen Energieform statt.

Am allgemeinsten[5] lässt sich der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie in der Form aussprechen: Nur solche Vorgänge vermögen mechanische Arbeit zu liefern, welche in der Natur von selbst sich vollziehen, wie z. B. der Uebergang von Wärme von höherer auf niedere Temperatur, das Herabsinken eines Gewichts von einem höheren auf ein tieferes Niveau[6], der Uebergang der Elektrizität von einem höheren auf ein tieferes Potentialniveau etc. Da Wärme auftritt, wenn Arbeit, d. h. Bewegung von Massen, verschwindet, und da umgekehrt Wärme in Arbeit übergeführt werden kann, so fasst[7] man gegenwärtig die Wärme selbst als eine Art von Massenbewegung auf, bei der jedoch die Körper nicht als Ganzes, sondern nur ihre Moleküle gegeneinander in Bewegung begriffen[8] sind. Keine Wärme[9] würde demnach ein Körper enthalten, wenn seine Moleküle gegeneinander in Ruhe wären; dieser Zustand wäre dann derjenige, welcher dem absoluten Nullpunkt der Temperatur entspricht.

Der Magnetismus. Ein Magnet zieht[10] ein ihm nahe gebrachtes Eisenstück an, wird gleichzeitig aber auch von diesem Eisenstück mit gleicher Kraft angezogen.

Nähert man zwei Magnetpole einander, so beobachtet man nur dann Anziehung, wenn der eine ein Nordpol, der andere ein Südpol ist, oder wenn beide ungleichnamig sind. Dagegen[11] stossen[12] sich zwei Nordpole oder zwei Südpole, d. h. gleichnamige Pole, gegenseitig ab.

Die Kraft, welche zwischen zwei Magnetpolen zur Wir-

kung kommt, ist umgekehrt proportional dem Quadrat ihres gegenseitigen Abstandes.

Die Einheit der Polstärke ist ein solcher Magnetpol, dessen Stärke so gross ist, dass wenn er in die Entfernung von 1 cm von einem ähnlichen Magnetpol von gleicher Stärke gestellt wird, denselben mit der absoluten Einheit der Kraft abstösst. Diese absolute Einheit der Kraft ist die Dyne, welche der Masse von 1 g die Geschwindigkeit von 1 cm in der Sekunde mitteilt.

31.

In vielen Fällen ist der Magnetismus eines magnetisierten Stahlstabes hauptsächlich nur auf dessen Oberfläche vorhanden. Man hat dies dadurch[1] nachgewiesen, dass man einen kurzen Magnetstab in Säure legte, so dass allmählig die äusseren Schichten des Metalles aufgelöst wurden. Es stellte sich dabei heraus,[2] dass nach der so herbeigeführten Beseitigung einer verhältnissmässig dünnen Stahlschicht der Magnetismus des Stabes fast gänzlich verschwunden war. Ferner verfuhr man in gleicher Hinsicht[3] so, dass man ein kurzes, verhältnissmässig dünnwandiges Stahlrohr und einen nach Länge und Durchmesser gleichen Stahlstab gleich stark magnetisierte. Es zeigte sich dann, dass das Stahlrohr fast dieselbe magnetische Kraft besass, wie der volle Magnetstab. Nur bei langen und verhältnismässig dünnen Stäben dringt der Magnetismus vollständig in das Material ein.

Zerbricht man einen Magnetstab, so bilden die Bruchstücke wiederum vollständige Magnete, mit je zwei entgegengesetzten Polen. Denken wir uns diese Teilung so lange fortgesetzt, bis wir den Stab in seine Moleküle zerteilt haben, so werden wir annehmen dürfen, dass auch letztere vollständige Magnete darstellen[4] werden.

Wir stellen in betreff der Konstitution eines magnetischen Körpers die Hypothese auf, dass die Moleküle schon vor der Magnetisierung vollständige Magnete sind, welche aber im natürlichen Zustand infolge der gegenseitigen Anziehung sich so lagern[5], dass sich ihre Wirkungen nach aussen gegenseitig aufheben.[6] Beim Magnetisieren werden dieselben durch einen äusseren Zwang in gleiche Richtung gedreht, so dass sich nun ihre Wirkungen nach aussen summieren.

Diese Hypothese wird durch folgenden Versuch gestützt. Man füllt ein Glasrohr mit Stahlfeilspähnen, verkorkt beide Enden und schüttelt um; das Rohr erscheint nicht magnetisch. Nun magnetisiert man dasselbe, wodurch es die Eigenschaften eines künstlichen Magnets annimmt. Schüttelt man das Rohr hierauf wieder kräftig um, so erscheint es wieder gänzlich unmagnetisch, obgleich die einzelnen Stahlspänchen permanente Magnete geblieben sind.

Wenn es möglich wäre, einen einzelnen Magnetpol, losgelöst von jeder materiellen Masse, herzustellen[7], so würde derselbe, in die Nähe eines Magnets gebracht, durch die auf ihn ausgeübte Kraft in Bewegung gesetzt werden. Da er kein Beharrungsvermögen[8] besässe, würde er sich in jedem Augenblick genau in der Richtung der auf ihn wirkenden Kraft bewegen, also Bahnen beschreiben, deren Tangente in jedem Punkte der Umgebung des Magnets die Richtung der daselbst wirkenden magnetischen Kraft angeben würden. Nach Faraday nennen wir die Umgebung eines Magnets, in welcher dessen Kraftwirkungen erfolgen, das magnetische Feld, und die soeben definierten Linien, die Kraftlinien des Felds. Bringt man eine kleine Magnetnadel in das magnetische Feld, so werden ihre beiden Pole von entgegengesetzten Kräften angegriffen, weshalb die Nadel

sich in die Richtung der durch ihren Mittelpunkt gehenden Kraftlinie einstellen[9] muss.

Diese Kraftlinien haben wir uns als geschlossene Kurven vorzustellen,[10] welche zum Teil ausserhalb, zum Teil aber innerhalb des Magnets verlaufen. Dieselben können auch ganz innerhalb des Magnets liegen.

32.

Die Elektrizität. Die zwischen zwei punktförmigen Elektrizitätsmengen wirkende Kraft ist dem Produkt aus den Mengen direkt, dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional und fällt der Richtung nach[1] in die gerade Verbindungslinie der beiden elektrischen Massenpunkte.

Nähert man einem unelektrischen isolierten Leiter[2] einen elektrischen Körper, so wird ersterer elektrisch, und zwar[3] ist die Elektrizität an dem Ende, welches dem genäherten Körper zugewendet ist, die entgegengesetzte, während sich am abgewandten Ende gleichnamige Elektrizität sammelt. Entfernt man den elektrischen Körper, so vereinigen sich beide Elektrizitäten wieder, und der Leiter erscheint unelektrisch, woraus zu schliessen ist,[4] dass von beiden Elektrizitäten gleichgrosse Mengen vorhanden waren.

Man nennt diese Trennung der Elektrizitäten in einem Leiter durch Annäherung eines elektrischen Körpers Influenz, Verteilung oder elektrostatische Induction.

Wenn man in eine leitende Flüssigkeit, z. B. eine Salzlösung, zwei verschiedene Metalle eintaucht, von denen man das eine zur Erde ableitet, so wird das nicht abgeleitete Metall elektrisch. Wird hierbei das erste Metall, wenn das zweite abgeleitet ist, positiv, so wird das zweite bei Ableitung des

ersten ebenso stark negativ. Das abgeleitete Metall besitzt immer das Potential oder die Spannung 0; also[5] besteht zwischen beiden Metallen ein Spannungsunterschied. Dieser entsteht dadurch, dass an den Berührungsstellen[6] der verschiedenen Körper eine Trennung der Elektrizitäten stattfindet. Die hier auftretenden Spannungen sind sehr viel geringer als diejenigen bei der Reibung.

Bringt man verschiedene Metalle paarweise in eine Flüssigkeit, so werden immer diejenigen Metalle am stärksten negativ, welche von der Flüssigkeit am stärksten angegriffen werden.

Der Spannungsunterschied wird in einer Einheit gemessen, welche den Namen 1 Volt (1 V) führt und welche numerisch sehr nahe gleich dem 300. Teil[7] der absoluten elektrostatischen Einheit der Spannung oder des Potentials. In Volt gemessen ist im Wasser der Spannungsunterschied zwischen Zink und Kupfer 0,78 V, zwischen Zink und Platin 1,05 V.

Eine solche Anordnung von zwei Metallen in einer Flüssigkeit heisst ein galvanisches oder Voltasches Element oder eine einfache galvanische Kette. Verbindet man die beiden Pole durch einen Leiter, so fliesst infolge des fortdauernd bestehenden Spannungsunterschieds zwischen seinen Enden in diesem Leiter +E vom +Pol nach dem —Pol, während sich die —E in der umgekehrten Richtung bewegt. Da an den Berührungsstellen fortwährend neue Elektrizitätsmengen geschieden werden, so erhält man in dem Leiter einen ununterbrochenen elektrischen Strom. Den Leiter nennt man den Schliessungsbogen.[8]

33.

Man versteht unter Stromstärke die Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit[1] durch einen Querschnitt[2] des

Schliessungsbogens hindurchfliesst. Als technische Einheit der Stromstärke dient 1 Ampère (1 A); die[3] bei dieser Stromstärke durch jeden Querschnitt des Schliessungsbogens in 1 Sekunde hindurchfliessende Elektrizitätsmenge heisst 1 Coulomb (1 Cb) und dient in der Elektrotechnik als Einheit der Elektrizitätsmenge. Numerisch ist 1 Cb= 3.10^9 absolute elektrostatische Einheiten.

Da die Stromabgabe[4] eines einzelnen Elementes verhältnismässig schwach ist, so werden für viele Zwecke eine mehr oder minder grosse Zahl von Elementen gleicher Art zu Batterien, entweder mit Bezug auf[5] die Vergrösserung der in einer gewissen Zeit abzugebenden Elektrizitätsmenge, oder mit Bezug auf die Erhöhung der Potentialdifferenz, oder auch mit Bezug auf beide Arten der Wirkungserhöhung, miteinander verbunden. Die Vergrösserung der Elektrizitätsmenge ist allerdings auch durch entsprechende Vergrösserung der wirksamen[6] Metallflächen in einem Elemente zu erreichen, jedoch wird dann sehr bald eine Grenze gefunden, wo die Elemente durch ihre Grösse unbequem werden. Man wählt alsdann zu gleichem Zwecke die Schaltung[7] auf Quantität oder Parallelschaltung, wobei die gleichnamigen Pole, z. B. einerseits die Pole der Zinkplatten und andrerseits die der Kupferplatten miteinander durch einen Leiter von entsprechend grossem Querschnitt verbunden werden. Soll[8] dagegen eine Erhöhung der Potentialdifferenz herbeigeführt werden, welche von der Flächengrösse der Platten unabhängig ist, indem[9] sie nur durch die physikalische Natur der Elektroden und des Elektrolyten bedingt wird, so ist die Schaltung auf Spannung, oder Hintereinanderschaltung, oder auch Reihenschaltung genannt, zu wählen. Hierbei werden von Element zu Element

immer die entgegengesetzten Pole, z. B. die Pole der Zink- und Kupferplatten miteinander verbunden.

Die Akkumulatoren. Der Akkumulator[10] von Planté besteht aus zwei Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure. Schickt man einen Strom durch ein solches Element hindurch, so reduziert der an der negativen Bleielektrode auftretende Wasserstoff etwa[11] vorhandenes Bleioxyd zu metallischem Blei, während sich der Sauerstoff an der positiven Platte mit dem Blei zu Bleisuperoxyd[12] verbindet. Hat man so den Akkumulator geladen, so erhält man aus demselben, wenn man die beiden Bleiplatten mit einem Leiter verbindet, in letzterem einen Strom, der von der oxydierten Bleiplatte zur metallischen geht. Derselbe dauert so lange an, bis sich sowohl[13] das Bleioxyd durch den Wasserstoff, wie auch das metallische Blei durch den Sauerstoff in Bleioxyd umgewandelt hat, welches sich mit der vorhandenen Schwefelsäure verbindet. Dieses nennt man die Entladung des Akkumulators. Bei einer neuen Ladung wird alsdann das schwefelsaure Blei[14] in metallisches Blei am negativen und Bleisuperoxyd am positiven Pol, und in Schwefelsäure umgewandelt. Die E. M. K.[15] eines solchen Elements beträgt anfangs etwas über 2 V, sinkt aber während der Entladung langsam auf etwa 1,8 V und nimmt dann sehr rasch ab. Beim Gebrauch setzt man daher die Entladung nur so lange fort, bis die E. M. K. ziemlich auf 1,8 V gesunken ist.

Um mehr oxydations- bezw.[16] reduktionsfähiges Material zu erhalten, bedeckte Faure die Bleiplatten mit Mennigeschichten[17]. Man kann auch Gitter[18] von Blei herstellen und die Zwischenräume mit Bleiverbindungen ausstopfen.

Man berechnet die Leistungsfähigkeit eines Akkumulators nach Ampèrestunden. Ein Akkumulator von 100 Am-

pèrestunden Kapazität vermag z. B. 100 Stunden lang einen Strom von 1 A oder 5 Stunden lang einen solchen von 20 A etc. zu liefern. Da der in 1 Stunde von 1 A entwickelte Sauerstoff 3,86 g Blei in Bleioxyd (PbO) verwandelt, so müssen mindestens 386 g oxydierbares Blei vorhanden sein. Uebrigens ist die Kapazität eines Akkumulators bei langsamer Entladung grösser als bei rascher, so dass einer der 10 Stunden lang 10 A liefern kann, 20 A nur etwa 4 Stunden lang zu liefern vermag.

34.

Die elektrischen Strommaschinen. Die zur Erzeugung von elektrischen Strömen dienenden Maschinen, welche gewöhnlich als Dynamomaschinen oder Dynamos bezeichnet werden, unterscheiden[1] sich als Gleichstrom-[2] und Wechselstrommaschinen[3] und beruhen auf der von Faraday entdeckten Erregung[4], Influenz oder Induction elektrischer Ströme in Drähten mittels magnetischer Einwirkung. Bei den ersten Maschinen dieser Art fand die Erregung der Ströme durch Dauermagnete[5] (stählerne Hufeisenmagnete) statt, vor deren Polen ein mit zwei Drahtspulen versehener Anker[6] in rasche Umdrehung versetzt werden konnte. In der Clarkeschen Maschine wurden in den dicht bei den beiden Magnetpolen vorübergehenden Ankerschenkeln[7] bei jeder vollen Umdrehung zwei Polwechsel[8] herbeigeführt und dadurch in den beiden Drahtspulen entsprechend starke entgegengesetzte, aber in gleicher Richtung durch beide Spulen fliessende elektrische Ströme induziert, so dass also der Anker bei einer halben Umdrehung einen Strom in der einen Richtung und bei der nächsten halben Umdrehung einen Strom in der entgegengesetzten Richtung in seiner Bewickelung erzeugt. Clarke verbesserte seine Maschine

noch durch Anbringung[9] eines Stromwenders[10], um einen Strom in gleicher Richtung im äusseren Stromkreise zu erhalten. Diese Vorrichtung[11] besteht aus einem auf die Ankerwelle aufgesteckten Zylinder aus isolierendem Material (Holz, Ebonit u. dergl.[12]), auf dem zwei metallene Sektoren einander gegenüberstehen, aber von einander isoliert befestigt sind und dabei über den Umfang des isolierenden Zylinders etwas emporstehen. Auf jedem dieser beiden Metallsektoren oder Segmenten schleift eine aus Kupferdraht oder schmalen übereinandergelegten Kupferblechstreifen[13] gebildete elastische sogenannte Bürste. Beide Bürsten sind auf einer isolierenden Grundplatte befestigt und durch geeignete Klemmen[14] mit Leitern verbunden.

Ein wesentlicher Fortschritt war die Einführung des Siemensschen Doppel-T-Ankers. Dieser besteht aus einem weichen Eisenkern[15] von zylindrischer Form, in welchen beiderseits eine breite Nut[16] eingefrässt[17] ist, die zur Aufnahme des isolierten Bewickelungsdrahtes dient, so dass die Windungen parallel zur Achse des Ankerzylinders liegen. Die in diesen Windungen bei Umdrehung des Ankers induzierten Ströme werden durch einen auf der Achse sitzenden Stromwender gleich gerichtet.

Die permanenten Stahlmagnete wurden zuerst von Wilde durch Elektromagnete ersetzt. In 1867 wurde von Siemens und fast gleichzeitig auch von Wheatstone das sogenannte dynamoelektrische Prinzip entdeckt, welches darauf beruht, dass eine geringe Spur von Magnetismus im Eisen der Feldmagnete zur Selbsterregung der Magnete hinreichend ist, indem die[18] zuerst dem geringen Magnetismus entsprechenden schwachen induzierten elektrischen Ströme des Ankers, in die Bewickelung der Magnete geleitet, diesen Magnetismus verstärken, wodurch dann wieder die in der Ankerbewick-

lung erregten Ströme verstärkt werden, so dass diese alsdann den Magnetismus wieder verstärken und so fort bis die volle Wirkung der Maschine erreicht wird.

35.

Die Gramme Maschine. Zwischen den Polschuhen des den Feldmagneten bildenden Elektromagneten ist der[1] aus einem[2] mit isoliertem Kupferdraht bewickelten Eisenring bestehende Anker auf einer drehbaren Welle[3] angebracht. In der Kupferdrahtbewickelung dieses ringförmigen Eisenkerns werden bei der Bewegung durch das magnetische Kraftfeld elektrische Ströme induziert, wobei[4] der Eisenkern durch Influenz magnetisiert wird und die Verdichtung der magnetischen Kraftlinien, sowie die daraus entstehende Verstärkung des magnetischen Feldes stattfindet.

Ursprünglich war Gramme von dem Gedanken ausgegangen, den durch den Einfluss des Feldmagneten magnetisierten Eisenring in der Drahtspirale oder die Drahtspirale um den magnetisierten Eisenring rotieren zu lassen. Der[5] praktischen Ausführung dieser Idee stellten sich jedoch unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, so dass der Erfinder den Eisenring einfach mit isoliertem Drahte bewickelte und in geeigneter Weise auf der Welle befestigte und so den ganzen Anker vor den Polen des Feldmagneten rotieren liess. In der Tat[6] wurde dadurch dieselbe, von ihm wohl[7] nicht vorhergesehene Wirkung erzielt, als wenn der Eisenkern oder die Drahtspirale für sich allein rotierten. Durch die Einwirkung der Pole des Feldmagneten werden nämlich[8] auch in dem rotierenden Ringe zwei feststehende entgegengesetzte Pole erzeugt, indem[9] durch die magnetische Influenzierung des Eisenringes dem Nordpole des Feldmagneten gegenüber ein Südpol und dem Südpole des Feldmagne-

ten gegenüber ein Nordpol im Eisenringe entsteht; allerdings[10] werden dabei fortwährend neue Eisenteilchen im rotierenden Ringe veränderlich magnetisiert und es ist deshalb erforderlich, das Material des Ringes so einzurichten, dass die fortwährend rasche Aenderung des Magnetismus der Teilchen möglichst erleichtert wird.

Die Bewickelung des Feldmagneten ist einfach eine Fortsetzung der Ankerbewickelung und die Erregung des Feldmagneten wird durch den von der Ankerbewickelung ausgehenden Hauptstrom bewirkt. Man bezeichnet diese Bewickelung, bei welcher Anker und Feldmagnet hintereinander geschaltet sind, als die Reihen- oder Serienbewickelung[11] im Gegensatz zu der Nebenschlussbewickelung.[12]

Um die von der Maschine verlangte Leistung[13] mit einer geringeren Umdrehungszahl zu erreichen, hat man mehrpolige Maschinen hergestellt, bei denen das Magnetfeld von vier, sechs, acht und mehr Polen gebildet wird, wobei Nord- und Südpol abwechselnd in dem sie verbindenden polygonalen oder kreisrunden Eisengestell[14] angeordnet sind.

36.

Wechselstrommaschinen. Obschon alle elektrischen Strommaschinen nur Wechselströme erzeugen können, weil die magnet-elektrische Induktion nur durch wechselnde Wirkung zwischen magnetischer Kraft und elektrischen Leitern hervorgebracht werden kann, so unterscheidet man doch neben den durch Anbringung eines Stromwenders hergestellten Gleichstrommaschinen noch die eigentlichen[1] Wechselstrommaschinen, welche die durch Induktion erzeugten Wechselströme direkt in den äusseren Stromkreis[2] zur Benutzung abgeben[3]. Die Wechselstrommaschinen bedürfen[4] daher nicht des kostspieligen und sorgsam zu über-

wachenden Kommutators, der mit seinen Schleifbürsten leicht der Abnutzung unterliegt[5] und zu Betriebsstörungen[6] Anlass geben kann, sobald die Bedienung der Maschine nachlässig ist. Anstatt des Stromwenders sind die Wechselstrommaschinen nur mit dauerhaften Schleifbürsten versehen, von denen der Strom abgenommen wird. Sie können auch mit feststehendem Anker eingerichtet werden, so dass die hochgespannten Wechselströme direkt von den festen Klemmen[7] in die Leitung übergehen.

In ihrem Aufbau sind demnach die Wechselstrommaschinen viel einfacher als die Gleichstrommaschinen. Sie sind zur Erzeugung von Strömen bis zu 10 000 Volt Spannung zu benutzen, während man bei den Gleichstrommaschinen nur ausnahmsweise die Spannung höher als etwa 500 Volt treibt. Da durch die Wechselströme nicht das erforderliche konstante Magnetfeld hergestellt werden kann, so muss dies durch eine besondere, aber verhältnismässig kleine Gleichstrommaschine geschehen, die als Erregermaschine bezeichnet wird. Zuweilen hat man auch diese direkt mit der Wechselstrommaschine verbunden, indem[8] man mittels eines auf deren Welle aufgesetzten Kommutators einen entsprechenden Teil des erzeugten Wechselstroms in Gleichstrom verwandelt.

Zu den Wechselstrommaschinen gehören auch die Drehstrommaschinen[9], welche drei in ihrer Schwingungsphase gegenseitig um 120° verschobene Wechselströme erzeugen (Dreiphasenmotor).

Transformatoren. Wichtige Nebenapparate[10] und Ergänzungsmittel[11] der Wechselstrommaschinen sind die Transformatoren. Dieselben beruhen auf der Wirkung der magnetelektrischen Induktion, welche durch Wechselströme hervorgerufen wird, so dass der erzeugte Magnetismus im

Eisen rasch abwechselnd umgekehrt wird. Um diese rasche Umkehrung ohne zu grosse Verluste (Hysteresis und Wirbelströme[12]) herbeizuführen, müssen die Eisenkerne der Transformatoren aus dünnen (kaum 0,5 mm dicken) Eisenblechen mit isolierenden Zwischenlagen von paraffiniertem Papier etc. hergestellt werden. Zur Magnetisierung des Eisenkerns dient die Primärbewickelung desselben, und durch die abwechselnde Magnetisierung des Eisenkerns wird die Sekundarbewickelung desselben induziert und dadurch der transformierte Wechselstrom erzeugt. Man hat es dabei in der Gewalt, die Spannung des Sekundarstroms zu erhöhen und somit die Stromstärke entsprechend zu erniedrigen, oder die Spannung zu erniedrigen und die Stromstärke entsprechend zu erhöhen.

Man unterscheidet Kerntransformatoren[13] und Manteltransformatoren. Bei ersteren ist der Eisenkern von der Drahtbewickelung beziehungsweise den Drahtspulen umgeben; bei letzteren sind die Drahtspulen innerhalb des rahmenartigen Eisengestells untergebracht.[14]

37.

Elektrische Lichtanlagen.[1] Die Starkstromleitungen[2] für Licht- und Kraftbetrieb[3] werden, in der Regel[4], wenigstens innerhalb der Städte, als Untergrundleitungen in der Form von Bleikabeln angelegt, durch welche die Hauptleitungen gebildet werden, die sich nach den Häusern in dünneren Leitungen abzweigen. Diese Kabel enthalten eine grössere Anzahl verseilter[5] starker[6] Kupferdrähte, die in ihrer Gesammtheit[7] nach aussen durch Umspinnung mit Jute und Umwickelung mit Isolierband[8] gegen Stromverlust möglichst gesichert, sowie durch eine die Isolationsmasse umgebende dichte Bleiumhüllung gegen Feuchtigkeit geschützt

sind. Um die Verletzung der Bleihülle bei Strassenumwühlungen[9] zu verhüten, ist meist noch eine Armierung[10] von Bandeisen oder Eisendraht vorhanden. Die Verbindung der Kabel untereinander, sowie die Abzweigstellen der Nebenleitungen, werden durch gusseiserne Muffen[11] bewirkt. Um die Anschlussstellen[12] behufs Nachsehen, Reparaturen und Neuanschlüssen leicht zugängig zu machen, sind Anschlusskästchen und Anschlussgruben[13], die mit abnehmbaren Deckeln geschlossen werden, vorhanden. Ueberall, wo schwächere Leitungen den Strom aus stärkeren Leitungen aufzunehmen haben, sind Schmelzsicherungen[14] angebracht, um zu verhüten, dass bei zufälligem Wechsel zwischen den Hauptleitungen ein zu starker Strom in die schwächeren Leitungen einträte und diese zum Glühen und Schmelzen brächte. Insbesondere sind solche Schmelzsicherungen, die bei dem Eintritt einer gewissen Stromstärke die Leitungen unterbrechen, an den Stellen, wo die Leitungen in die Häuser eingeführt werden, unbedingt erforderlich, um Feuers- und Lebensgefahr zu verhüten. Auch in den Hausleitungen selbst sind die einzelnen Lampen oder Lampengruppen mittels solcher Schmelzsicherungen zu schützen. In den Hausanlagen selbst werden die Leitungen, die in der Regel durch Umspinnung mit Baumwolle isoliert sind, mittels kleiner isolierender Porzellanrollen an Wänden und Decken befestigt oder durch isolierende Röhren aus Karton[15] oder Hartgummi unterhalb des Wandverputzes[16] und durch die Wände selbst von einem Raume in den andern geführt.

Zum Aus- und Einschalten[17] der Lampen und anderer elektrischer Apparate werden Schalter[18] von verschiedenen Formen und Einrichtungen benutzt. Ausser diesen sind noch die Umschalter[19] zu erwähnen, welche dazu dienen, den Strom in einer Leitung auszuschalten und dabei gleichzeitig

dafür in eine andere Leitung überzuführen oder seine Richtung umzukehren. Diese Apparate sind mit zwei gegenüberstehenden Kontaktsystemen versehen, so dass der Hebel beim Umlegen das eine Kontaktsystem aus- und dafür das andere einschaltet.

38.

Die elektrische Kraftübertragung. Der Gleichstrommotor[1] kann bei geeigneter Konstruktion mit einem sehr hohen Wirkungsgrade[2] hergestellt werden, der selbst bei den kleinsten Motoren etwa 56 Prozent der zugeführten elektrischen Kraft und bei grösseren Motoren mindestens 85 Prozent beträgt. Indessen ist bei diesem Motor der Stromwender[3] ein ziemlich empfindlicher Teil, der[4] mit Sorgfalt zu behandeln ist und durch Funkensprühen[5] leicht zu Störungen Anlass geben[6] kann, ja sogar seine Anwendung an solchen Orten, wo leicht entzündliche Stoffe vorhanden sind, wie z. B. in Steinkohlengruben[7] mit häufig vorkommenden schlagenden Wettern[8], verbietet. Auch ist der Gleichstrom für Fernleitung wegen der verhältnismässig sehr geringen Spannung[9], mit welcher er zu erzeugen ist, nicht anwendbar, weil er für die Uebertragung grösserer Kraftleistungen starke Querschnitte[10] der Leitung verlangt, wodurch die Anlage zu kostspielig wird. Man hat unter diesen Umständen hochgespannte Wechselströme zu benutzen. Der einfache Wechselstrom ist jedoch insofern unbequem[11], als er zur Erregung seines Magnetfeldes einen Gleichstrom braucht und daher zu dessen Erzeugung einer besonderen Maschine bedarf. Ferner kann auch ein solcher Motor nicht von selber angehen[12], sondern muss zuerst in der gewünschten Richtung in Umdrehung versetzt werden, bis er eine[13] der Stromwechselzahl und seiner eigenen Einrichtung ent-

sprechende Geschwindigkeit angenommen hat, bevor er seine Arbeit verrichten kann; denn wird er bei zu geringer Geschwindigkeit belastet, so kommt er alsbald wieder zum Stillstand. Ueberhaupt[14] muss er, um arbeitsfähig zu sein, in den[15] durch seine Ankerdrehung unter der Einwirkung seines Magnetfeldes hervorgerufenen Stromwechseln mit der den Strom ihm liefernden Wechselstrommaschine übereinstimmen[16]. Man nennt daher den einfachen oder einphasigen Wechselstrommotor auch synchronen Motor.

Um diesem Uebelstand abzuhelfen, brachte man, anstatt des[17] bei dem einphasigen Wechselstrommotor vorhandenen, einfach hin und her schwingenden Magnetfeldes, ein rotierendes Magnetfeld zur Wirkung. So entstand der Dreiphasenmotor oder eigentlich Drehstrommotor, bei welchem die Leitung nur drei Drähte erfordert und dessen Drehfeld als praktisch ganz gleichmässig anzusehen ist, weil die Winkelgeschwindigkeit des Motors keinen merklichen Schwankungen unterliegt[18]. Da derartige[19] Motoren von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Generators ganz unabhängig ihre Arbeit verrichten, so nennt man sie auch asynchrone[20] Motoren.

39.

CHEMIE.

Die Chemie ist die Lehre von den Eigenschaften[1] und Umwandlungen[2] der Elemente der Natur und von ihren Verbindungen. Sowohl die Elemente wie ihre Verbindungen nennt man Stoffe[3]. Man kann daher die Chemie auch als die Lehre von den Stoffen, ihren Eigenschaften und Umwandlungen bezeichnen.

Elemente der Natur oder chemische Grundstoffe[4] nennt man diejenigen Stoffe, welche wir bis jetzt nicht in andere

Stoffe zu spalten oder zu zerlegen vermögen und daher als chemisch einfach oder unzersetzbar betrachten, ohne dass[5] mit Bestimmtheit gesagt werden kann, dass sie wirklich unzersetzbar sind. Aus den chemischen Grundstoffen baut sich die ganze körperliche Welt vom einfachen Mineral bis zur Pflanze und dem Tier auf.

Jedes Element besitzt eigenthümliche Merkmale[6], die man teils physikalische, teils chemische Eigenschaften oder chemisches Verhalten[7] nennt.

Die physikalischen Eigenschaften beziehen sich hauptsächlich auf den Aggregatzustand und alles damit Zusammenhängende.

Unter dem Aggregatzustande der Stoffe versteht man die Eigenschaft derselben, je nach den auf sie einwirkenden Druck- und Temperaturverhältnissen[8], entweder den luftförmigen (gasförmigen) oder den flüssigen oder den festen Zustand anzunehmen.

Im gasförmigen Zustande nimmt[9] die Materie den grössten Raum ein, besitzt keinen Zusammenhang, und vermag daher keine selbstständige Form oder Gestalt anzunehmen, sondern erfüllt jeden Raum, den man ihr bietet, vollständig. Lässt[10] man in einen mit einem Gase erfüllten Raum ein zweites Gas einströmen, so verbreitet sich letzteres allmählig (vorausgesetzt dass die Gase nicht chemisch auf einander einwirken) in dem Raume ebenso gleichmässig, wie wenn kein anderes Gas vorhanden wäre. Man nennt dies die Diffusion der Gase. In der atmosphärischen Luft sind Sauerstoff- und Stickstoffgas[11] mit einander diffundiert.

Nach Boyle vermindert sich bei[12] allen Gasen der Raum, den ein Gas einnimmt, im umgekehrten Verhältnis zum Druck. Lässt man z. B. auf ein Gas, das einen Raum von 100 l erfüllt, einen doppelten Druck wirken, so wird dadurch

das Gas auf sein halbes Volumen, also auf 50 l, zusammengepresst.

Nach Gay-Lussac dehnen sich alle Gase bei gleicher Temperaturzunahme im gleichen Verhältnisse aus und umgekehrt; oder, wenn man ihnen die Ausdehnung nicht gestattet, so erhöht sich der Druck, den die Gase auf die Wandungen des sie umschliessenden Gefässes ausüben, bei allen Gasen im gleichen Verhältnis zur Temperaturzunahme und umgekehrt. Der Wert, um[13] welchen sich die Gase bei gleichbleibendem Druck für je 1° C. der Zunahme oder Abnahme der Temperatur ausdehnen oder zusammenziehen, der sogenannte Ausdehnungskoefficient, ist 0,00367 oder $^1|_{273}$ des ursprünglichen Volumens. Diese Gesetze haben sich bei späteren Prüfungen nicht als ganz, sondern nur als annähernd richtig erwiesen.

Durch geeignete Mittel kann ein Gas in eine Flüssigkeit, eine Flüssigkeit in ein Gas, oder ein fester Körper zuerst in eine Flüssigkeit und diese in ein Gas verwandelt werden.

40.

Alle Gase lassen[1] sich, die einen leichter[2], die anderen schwieriger[2], in den flüssigen Zustand überführen (verdichten, verflüssigen), wenn man sie unter genügender Abkühlung einem genügend hohen Drucke unterwirft.

Erhitzt man eine flüchtige Flüssigkeit, so beginnt sie bei einer bestimmten[3] Temperatur, welche man ihren Siedepunkt nennt, oft unter lebhafter Bewegung Dampfblasen zu entwickeln, zu sieden, und dabei[4] in den dampfförmigen Zustand überzugehen. Das Sieden hängt davon ab[5], dass die sich aus der Flüssigkeit entwickelnden[6] Dämpfe eine genügende Spannung[7] (Dampfdruck) besitzen, um den auf der Oberfläche der Flüssigkeit wirkenden Druck (z. B. den Luftdruck) zu überwinden, also[8] unter Verdrängung der

Luft von der Flüssigkeit emporsteigen zu können. Je grösser der auf die Flüssigkeit wirkende Druck ist, desto höhere Temperatur ist nötig, um dieselbe zum Sieden zu bringen. Bei normalem Luftdruck von 760 mm Quecksilbersäule des Barometers siedet das Wasser bei 100° und entwickelt dabei Wasserdampf von 1 Atm. Spannung oder Dampfdruck. Bei halbem Luftdruck oder 380 mm Quecksilbersäule siedet das Wasser schon bei 82°; bei ¼ Luftdruck schon bei 66°. Dementsprechend[9] vermindert sich auch der Druck der aufsteigenden Dämpfe auf ½ und ¼ Atmosphären. Bei verdoppeltem Druck steigt der Siedepunkt des Wassers auf 121°; bei 3 Atm. Druck auf 135°.

Um die Siedepunkte verschiedener Flüssigkeiten miteinander vergleichen zu können, bezieht[10] man dieselben immer auf den gewöhnlichen Luftdruck von 760 mm.

Für viele Flüssigkeiten ist der Siedepunkt ein gutes Merkmal[11] zu ihrer Erkennung[12] und ein Mittel zu ihrer Reindarstellung[13] durch Destillation aus Mischungen mit anderen Flüssigkeiten.

Eine besondere Art der Verflüssigung erleiden die Gase durch ihre Eigenschaft, sich in verschiedenen Flüssigkeiten zu lösen, dabei von der Flüssigkeit aufgenommen (absorbiert) zu werden und damit ein homogenes flüssiges Gemenge zu bilden. Die Löslichkeit der Gase in Wasser z. B. ist sehr verschieden. 1 Vol. Wasser von 0° C. und 760 mm Druck löst 0,04 Vol. Sauerstoff, 1,8 Vol. Kohlensäure[14], 4,4 Volumina Schwefelwasserstoff[15], 525 Vol. Chlorwasserstoff[16] und sogar 1148 Vol. Ammoniakgas. Bei steigender Temperatur sowie bei Druckverminderung nimmt[17] die Löslichkeit ab.

41.

Viele Flüssigkeiten haben die Eigenschaft, selbst bei

niedrigen Temperaturen, sich mehr oder weniger rasch zu verflüchtigen[1]. Man nennt dies Verdampfung[2] oder Verdunstung[3]. Chloroform z. B. verdunstet selbst bei niedrigen Temperaturen so rasch, dass es, wenn man es in einer ungenügend[4] verschlossenen Flasche aufbewahrt, vollständig aus derselben verschwindet.

Die Verflüssigung der festen Körper durch Erhitzung nennt man Schmelzen, und den Temperaturgrad, bei welchem die Schmelzung vor sich geht[5], den Schmelzpunkt. Lässt man den geschmolzenen Körper unter seinen Schmelzpunkt abkühlen, so wird er wieder fest. Der Temperaturgrad, bei welchem dies geschieht, wird Erstarrungspunkt, beim Wasser Gefrierpunkt genannt.

Manche Stoffe, z. B. Arsentrioxyd, Kalomel, Kampfer, verwandeln sich beim Erhitzen, ohne vorher zu schmelzen, in Dampf, welcher sich, mit genügend abgekühlten Flächen in Berührung gebracht[6], direkt wieder zu festen Körpern verdichtet. Diese Art der Verflüchtigung wird Sublimation genannt. Man kann jedoch auch schmelzbare Körper, wie Jod[7], Benzoesäure, sublimieren, wenn man das Erhitzen im luftverdünnten[8] oder luftleeren Raume vornimmt, oder wenn man sie nicht ganz bis zu ihrem Schmelzpunkte erhitzt.

Die Verflüssigung fester Körper in Flüssigkeiten nennt man lösen[9]. Ein fester Körper ist löslich[9], wenn er sich in der Flüssigkeit (dem Lösungsmittel), mit welcher man ihn in Berührung bringt, zu einer völlig homogenen flüssigen Mischung, der Lösung[9], verteilt.

Je nachdem sich ein Körper nicht oder nur langsam und in verhältnismässig geringer Menge, oder rasch und in grosser Menge löst, unterscheidet man unlösliche, schwer- und leichtlösliche Körper. In Wasser z. B. sind Kreide, Glas, Fett unlöslich, gebrannter Kalk, Gips, Weinstein[10]

schwer, Chlorcalcium[11], Pottasche, Zucker leicht auflöslich. Pottasche, Chlorcalcium und manche andere Stoffe ziehen sogar Feuchtigkeit aus der Luft an und verwandeln sich infolgedessen[12] beim Liegen an der Luft von selbst in eine wässerige Lösung; man nennt sie zerfliesslich.[13]

Hat man von einem festen Körper so viel in der Flüssigkeit gelöst, als letztere davon zu lösen vermag, so ist die Lösung eine konzentrierte oder gesättigte, andernfalls eine verdünnte oder ungesättigte. Bei den meisten Körpern nimmt[14] die Löslichkeit im Verhältnis der Temperaturerhöhung zu. Bei 15° braucht 1 Teil Weinstein z. B. um sich zu lösen 220, bei 100° nur 15 Teile Wasser. Lässt man eine heiss gesättigte Lösung abkühlen, so scheidet[15] sich, und zwar[16] meistens in Krystallen, derjenige Teil des gelösten Stoffes aus, der sich bei der niedrigen Temperatur nicht mehr gelöst zu halten vermag.

Je grösser die Oberfläche eines Körpers, desto grösser ist seine Absorptionsfähigkeit für Gase. Dichte, feinporige Holzkohle absorbiert im frisch ausgeglühten Zustande von Ammoniakgas ihr 90faches, von Kohlensäuregas ihr 35faches, von Sauerstoffgas ihr 9faches und von Wasserstoffgas ihr 2faches Volumen. Fein verteiltes Platin (Platinmohr[17]) absorbiert viele Gase, vor allen aber Sauerstoff, von welchem es mehr als sein 200faches Volumen auf seiner Oberfläche verdichtet.

42.

Die Dichte der Stoffe wird nach dem Gewichte beurteilt, welches bestimmte Volumina derselben besitzen. Als Einheit[1] hat man für feste und flüssige Körper das Wasser in seinem dichtesten Zustande (von +4° C.), für die Gase die atmosphärische Luft bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck gewählt.

Die Zahlen, welche sich ergeben, wenn man die Gewichte ein und desselben Volumens, (nämlich je eines Kubikcentimeters) der festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck bestimmt und in Grammen ausdrückt, werden spezifisches Gewicht genannt.

Bei den festen und flüssigen Körpern besteht kein Unterschied zwischen den die Dichte und den das spez. Gew. angebenden Zahlen. Die Zahl 10,5 bezeichnet sowohl die Dichte wie das spez. Gew. des Silbers, je nachdem damit ausgedrückt werden soll, dass das Silber 10,5 mal schwerer sei als ein gleiches Volumen Wasser, oder dass 1 ccm Silber 10,5 g wiege, wobei[2] es wichtig ist, zu wissen, dass 1 ccm Wasser von $+4° = 1$ g wiegt.

Bei den Gasen dagegen stimmen[3] die auf deren Dichte und spez. Gew. bezüglichen[4] Zahlen nicht überein, weil sich die Dichtigkeitswerte auf ein gleiches Volumen von Luft als Einheit, die spez. Gewichtszahlen dagegen auf das in Grammen von je 1 ccm, also auf 1 g Wasser als Einheit beziehen.

Die Dichte der Luft ist bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck = 1; das spez. Gew. der Luft dagegen, h. h. das Gewicht von je 1 ccm Luft von mittlerer[5] Zusammensetzung[6] bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck ist = 0,001293 g.

Chemische Verbindungen. Schwefel und Quecksilber sind als Elemente bekannt. Jeder kennt den gelben Schwefel und das Quecksilber, dieses flüssige Metall von der Farbe und dem Glanze des Silbers. Bei ihrer chemischen Vereinigung verlieren diese beiden Elemente ihre charakteristischen Eigenschaften und bilden ein neues Produkt, den als feurig rote Mineralfarbe geschätzten Zinnober. In dem Zinnober vermag man aber selbst mit dem besten Mikroscope weder Schwefelteile noch Quecksilberteile zu entdecken;

auch entzieht Schwefelkohlenstoff, welcher sonst den Schwefel leicht auflöst, dem Zinnober keine Spur des in ihm mit dem Quecksilber verbundenen Schwefels.

Ganz anders verhalten sich mechanische Mischungen, in welchen, selbst wenn die Mischung noch so innig ist, doch die einzelnen Bestandteile ihre ursprünglichen Eigenschaften beibehalten. Eine solche möglichst innige Mischung ist z. B. das Schiesspulver. Die Bestandtheile desselben sind: Salpeter, Schwefel und Kohle. Durch Uebergiessen mit Wasser kann man dem Schiesspulver den Salpeter, und durch Behandeln mit Schwefelkohlenstoff den Schwefel entziehen, so dass zuletzt nur die Kohle übrig bleibt. Bei einer wirklichen chemischen Verbindung ist eine derartige Trennung der einzelnen Bestandteile durch blosse Extraktion mit verschiedenen Lösungsmitteln nicht möglich.

43.

Die Entstehung[1], die Umwandlungen[2] und Zersetzungen[3] chemischer Verbindungen[4], überhaupt alle Veränderungen, welche die Stoffe in ihrer chemischen Zusammensetzung erleiden, werden als chemische Vorgänge bezeichnet. Trennen sich die in einer chemischen Verbindung enthaltenen Elemente voneinander, so findet eine Zersetzung statt. Scheidet sich aus einer Verbindung nur ein Teil der darin enthaltenen Elemente aus, oder treten neue Elemente ein, so erfolgt eine Umsetzung oder Umwandlung. Ein chemischer Vorgang kann noch so[5] verschiedenartig verlaufen, so besitzen die dabei neu entstandenen[6] Stoffe zusammen immer genau wieder dasselbe Gewicht wie die ursprünglichen. Im ewigen Wechsel des Werdens und Vergehens gelangen[7] die Elemente aus einer Verbindung in eine andere, ohne sich dabei zu verändern und ohne dass dabei[8] ein Stäubchen derselben verloren geht. Die Elemente sind unvergänglich.

Jede chemische Verbindung hat eine bestimmte, unveränderliche Zusammensetzung, gleichgültig[9] auf welche Weise sie entstanden ist. Die beiden Bestandteile des Chlorwasserstoffs[10] z. B., Wasserstoff[11] und Chlor[12] können sich nicht in jedem beliebigen[13], sondern nur in einem einzigen Verhältnisse[14] miteinander vereinigen, nämlich so dass ein Gewichtsteil[15] Wasserstoff genau 35,37 Gewichtsteile Chlor aufnimmt. Sind von dem einen oder anderen mehr Gewichtsteile da, als diesem Verhältnis entsprechen, so bleibt der Ueberschuss unverbunden.

Viele Elemente und zusammengesetzte Körper vereinigen sich nicht nur in einem, sondern in mehreren verschiedenen aber bestimmten Gewichtsverhältnissen mit einander, derart[16], dass die höheren Verbindungsgewichte stets Multipla der niedrigsten sind.

Stickstoff[17] und Sauerstoff können fünf verschiedene Verbindungen mit einander bilden. Diese enthalten auf je 100 Gewichtsteile Stickstoff 57,1 114,3 171,4 228,6 und 285,7 Gewichtsteile Sauerstoff, also[18] Zahlen, die sich wie 1:2:3:4:5 zu einander verhalten, also in multiplem Verhältnis stehen.

Man versteht unter Atom die kleinste Gewichtsmenge, mit welcher die Elemente in eine chemische Verbindung eingehen, und unter Molekül, die kleinste Gewichtsmenge, in welcher ein Körper im freien Zustande zu existieren vermag.

Kein Körper, sei er Element oder chemische Verbindung, bildet eine absolut zusammenhängende Masse. Bei allen Körpern hat man sich die einfachen Atome, sowie die Atomgruppen, die Moleküle, aus denen sie bestehen, als äusserst kleine, mit dem besten Mikroskop nicht sichtbare, daher direkt nicht wägbare Teilchen zu denken. die durch

Zwischenräume getrennt bleiben, welche vielmal grösser als die Atome und Moleküle, aber dennoch wegen ihrer Kleinheit unsichtbar sind.

44.

Infolge[1] dieser Beschaffenheit[2] sind die Atome und Moleküle für sich[3] frei beweglich und aneinander verschiebbar, was[4] zur Erklärung vieler Erscheinungen von grosser Bedeutung ist. Man muss sich mit der Auffassung[5] vertraut machen, dass selbst der festeste Körper aus beweglichen, durch Zwischenräume getrennten Molekülen besteht und dem Auge nur deshalb als kompakte Masse erscheint, weil dasselbe die kleinen Moleküle und deren Zwischenräume nicht zu erkennen vermag. Auch der Wald, aus genügender Entfernung betrachtet, bildet eine kompakte Masse, in welcher das Auge weder die einzelnen Bäume, noch die zwischen diesen[6] vorhandenen Lücken zu unterscheiden vermag.

Die chemische Verbindung der gasförmigen Elemente erfolgt[7], wie zuerst Gay-Lussac entdeckte, nicht nur in bestimmten Gewichts- sondern auch in bestimmten einfachen Volumenverhältnissen[8]. Bildet sich dabei ein gasförmiges Produkt, so steht auch das Volumen des Produktes in einem einfachen Verhältnisse zum Volumen der ursprünglichen Gase.

Da sich die Gase unter denselben Verhältnissen des Druckes und der Temperatur in gleicher Weise zusammenziehen oder ausdehnen, und da sie dem Zusammendrücken einen nahezu gleichen Widerstand entgegensetzen, kam Avogadro zu dem Schluss[9], dass alle Gase, gleiche Temperatur und gleichen Druck vorausgesetzt, im gleichen Volumen eine gleich grosse Anzahl von Molekülen enthalten.

Die Gasmoleküle besitzen also unter gleichen physikalischen Verhältnissen gleiche Dimensionen.

Ein bestimmtes Volumen, z. B. 1 l, ob mit Chlor oder Wasserstoff gefüllt, enthält also eine gleich grosse Anzahl Moleküle. Chlor und Wasserstoff verbinden sich nun im Verhältnis gleicher Volumina mit einander, also z. B. je 1 l Chlor mit je 1 l Wasserstoff unter Bildung von 2 l Chlorwasserstoffgas. Nimmt[10] man nun beispielsweise[11] an, dass in den 2 l Chlorwasserstoffgas 1000 Moleküle vorhanden sind, so befinden sich in je 1 l davon nur halb so viel, also 500 solcher Moleküle, und nach Avogadros' Lehrsatz enthält dementsprechend[12] auch je 1 l Chlor 500 Chlormoleküle und je 1 l Wasserstoff 500 Wasserstoffmoleküle. In jedem Molekül Chlorwasserstoff ist aber 1 Atom Wasserstoff mit 1 Atom Chlor vereinigt. Es[13] müssen daher 1000 Moleküle Chlorwasserstoff aus 1000 Atomen Wasserstoff und 1000 Atomen Chlor bestehen. Da nun aber 1 l Wasserstoff, sowie 1 l Chlor nicht 1000, sondern nur 500 Moleküle enthalten, so folgt, dass diese 500 Moleküle je 1000 Atomen entsprechen[14], oder dass jedes einzelne Molekül Wasserstoffgas aus 2 Atomen Wasserstoff, und jedes einzelne Molekül Chlor aus 2 Atomen Chlor besteht.

45.

Mischt man die beiden Gase H und Cl im Dunkeln und bei gewöhnlicher Temperatur, so erfolgt keine Vereinigung. Lässt man dann auf die Mischung direktes Sonnenlicht oder einen brennenden Körper oder einen elektrischen Funken wirken, so vereinigen sich die Gase plötzlich mit heftigem Knall zu Chlorwasserstoff. Diese und viele ähnliche Verbindungserscheinungen würden schwer erklärlich sein ohne die Annahme[1], dass sich in den Gasen keine freien, sondern

nur gepaarte Atome, z. B. aus je zwei Atomen zusammengesetzte Chlormoleküle und Wasserstoffmoleküle vorfinden. Es bedarf zunächst[2] der Arbeit des Trennens der im Molekül vereinigten Atomen zu freien Atomen, bevor eine neue Verbindung entstehen kann, bevor sich also die Atome in neuer Weise gruppieren können. Diese Arbeit wird im vorliegenden Falle durch den Sonnenstrahl oder die Hitze des brennenden Körpers oder elektrischen Funkens eingeleitet[3] und pflanzt[4] sich dann infolge der durch die Vereinigung entstehenden Wärme, von selbst über die ganze Masse fort.

Als Ursache der chemischen Vereinigung denkt man sich zwischen den Atomen der Elemente eine Art Anziehungskraft wirkend, welche nicht allein die Vereinigung veranlasst[5], sondern zugleich die mehr oder weniger grosse Beständigkeit[6] der unter ihrem Einfluss entstandenen chemischen Verbindungen bedingt. Diese Kraft wird Affinität, chemische Verwandtschaft, chemische Anziehungskraft genannt. Sie unterscheidet sich dadurch von der allgemeinen Anziehungskraft der Massen aufeinander, dass sie nur zwischen den kleinsten Teilchen, und nur auf unmessbar kleine Entfernungen zur Wirkung kommen kann.

Manche Elemente verbinden sich direkt mit einander, d. h. bei blosser Berührung; andere können nur indirekt, auf Umwegen[7], andere gar nicht miteinander verbunden werden. Je nachdem sich zwei Elemente leicht, schwer oder gar nicht miteinander verbinden lassen, sagt man gewöhnlich: Die beiden Elemente besitzen eine grosse, geringe oder gar keine chemische Verwandtschaft[8] zu einander.

Die Atome der verschiedenen Elemente besitzen eine verschiedene, jedoch bestimmte und begrenzte Fähigkeit[9], sich mit anderen Atomen zu verbinden. Bezieht man diese Fähigkeit, die sogen.[10] Valenz, auf die Verbindungsverhält-

nisse der Elemente mit Wasserstoff, so findet man, dass sich ein Teil der Elemente nur mit 1, ein anderer Teil mit 2, 3 und 4 Atomen Wasserstoff zu verbinden vermag. Dementsprechend[11] unterscheidet man einwertige,[12] zweiwertige, dreiwertige und vierwertige Elemente. In den organischen Verbindungen bewahren[13] die hauptsächlich beteiligten Elemente die ihren Atomen eigene Valenz. In denselben ist der Kohlenstoff[14] konstant vierwertig, der Sauerstoff konstant zweiwertig, der Wasserstoff konstant einwertig.

46.

Säuren nennt man diejenigen Verbindungen des Wasserstoffs mit elektronegativen Elementen oder Radikalen, welche sich mit den Basen bei Gegenwart[1] und unter gleichzeitiger Bildung von Wasser zu Salzen umsetzen[2]. Die in Wasser löslichen Säuren besitzen gewöhnlich einen mehr oder weniger sauren Geschmack, sowie eine saure Reaktion, infolge deren sie blaues Lackmuspapier[3] röten.

Die Säuren, ähnlich wie die Elementaratome, besitzen eine verschiedene Wertigkeit[4] oder Sättigungskapazität[5]. Salpetersäure HNO_3 bedarf zu ihrer Sättigung oder Neutralisation, d. h. zur Bildung eines neutralen Salzes, nur ein Molekül Kaliumhydroxyd (Aetzkali[6]) KOH, wobei ihr einziges Wasserstoffatom durch Kalium ersetzt wird und Salpeter KNO_3 entsteht. Solche Säuren nennt man einbasisch . Die Schwefelsäure H_2SO_4 ist zweibasisch, denn sie hat zwei durch Metalle oder Radikale ersetzbare[7] Wasserstoffatome. Sie gebraucht zur Sättigung zwei Moleküle einer Basis mit einem einwertigen Metall (z. B. Aetzkali), oder ein Molekül einer Basis mit zweiwertigem Metall (z. B. Kalkhydrat $Ca(OH)_2$). Lässt man nur ein Molekül

Aetzkali auf Schwefelsäure wirken, so kann nur ein Atom H der Säure durch ein Atom K des Kalis ersetzt werden, wodurch ein unvollständig gesättigtes, sogen.[8] saures Salz, das saure Kaliumsulfat $KHSO_4$, entsteht.

Basen nennt man solche Verbindungen des Wasserstoffs mit elektropositiven Elementen oder Radikalen, welche sich mit den Säuren, bei Gegenwart und unter Bildung von Wasser, zu Salzen umsetzen. Wenige in Wasser lösliche Basen, namentlich[9] Alkalien, besitzen einen alkalischen (laugenartigen[10]) Geschmack und eine alkalische Reaktion, indem[11] sie die blaue Farbe des durch Säuren geröteten Lackmuspapiers wieder herstellen[11]. Je nach der Sättigungskapazität unterscheidet man einsäurige Basen, die, wie z. B. das Aetzkali KOH, je einem Molekül Wasser entsprechen und je ein Molekül einer einbasischen Säure neutralisieren; ferner zweisäurige und dreisäurige Blasen. Erfolgt die[12] Sättigung einer mehrsäurigen Basis nicht vollständig, werden z. B. in dem Wismuthydroxyd $Bi(OH)_3$ nur zwei der vertretbaren[13] Wasserstoffatome durch zwei Moleküle einer einbasischen Säure vertreten, so erhält man ein unvollständig gesättigtes, sogen.[8] basisches Salz.

Die Produkte der gegenseitigen vollständigen oder teilweisen Wechselwirkung[14] oder Sättigung zwischen Säuren und Basen nennt man Salze. Sind die Wasserstoffatome einer mehrbasischen Säure durch Atome zweier verschiedener Metalle vertreten, so wird das entsprechende Produkt Doppelsalz genannt.

47.

Verfahren[1] *zur Darstellung*[2] *des Wasserstoffs.* Man wirft kleine Stücke von metallischem Zink oder Eisen in eine Flasche, übergiesst dieselben mit Wasser und lässt durch

das[3] bis in das eingefüllte Wasser tauchende Einflussrohr von Zeit zu Zeit etwas verdünnte Schwefelsäure (aus 1 Teil konzentrierter Schwefelsäure und 8 Teilen Wasser gemischt) zufliessen. Unter lebhaftem Aufbrausen[4] entwickelt sich, ohne dass man zu erwärmen braucht, das Wasserstoffgas, welches, nachdem alle Luft aus der Flasche durch dasselbe verdrängt worden ist, dann rein durch das Gasentwickelungsrohr[5] entweicht und in mit Wasser gefüllten Gefässen unter Wasser angesammelt werden kann. Will man das Wasserstoffgas reiner erhalten, um z. B. Luftballons damit zu füllen, so muss man es erst durch Wasser leiten, um mit übergerissene Säureanteile[6] zu beseitigen, und dann lässt man es, um es zu entwässern, durch ein mit geschmolzenem Chlorcalcium gefülltes Glasrohr strömen. Die Wasserstoffgasentwickelung beruht darauf[7], dass das Zink den in der Schwefelsäure gebundenen[8] Wasserstoff verdrängt, wobei[9] sich Zinksulfat bildet, welches in dem vorhandenen Wasser gelöst bleibt: H_2SO_4 und Zn setzen sich um[10] zu $ZnSO_4$ und H_2.

Von grossem Interesse ist auch die direkte Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom. Zu diesem Behufe[11] lässt man die Pole einer genügend starken galvanischen Batterie in schwach mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser ausmünden[12] und stülpt[13] zugleich über jeden Pol ein mit Wasser gefülltes Glasröhrchen. An dem —Pole sammelt sich das Wasserstoffgas und an dem +Pole das Sauerstoffgas an. Da das Wasser aus 2 Volumen Wasserstoff und nur 1 Volum Sauerstoff besteht, so sammelt sich doppelt so viel Gas in dem Röhrchen des ersteren an.

48.

Sauerstoff. Der Sauerstoff ist auf der Erde das verbreitetste[1] Element; die Luft enthält 21 Prozent, das Wasser

88,8 Prozent und die Gesteine enthalten über 40 Prozent Sauerstoff. Zur Darstellung des Sauerstoffs in kleinerem Massstabe[2] vermischt man Kaliumchlorat mit ungefähr $^1|_{10}$ seines Gewichts fein gepulvertem Braunstein und füllt die Mischung in eine Retorte von Glas oder Gusseisen, die man mittels eines durchbohrten Korks oder einer Röhre von vulkanisiertem Kautschuk mit einer nicht zu engen Glasröhre verbindet. Die Retorte setzt man auf ein Stativ[3] und erhitzt sie durch eine Spiritus- oder Gasflamme. Die Gasentwickelungsröhre[4] lässt man in ein geräumiges, mit Wasser gefülltes Becken, eine sogen. pneumatische Wanne[5], ausmünden und sammelt das Gas in mit Wasser gefüllten Cylindern, Flaschen, oder, wenn man grössere Mengen davon darstellt, in Gasometern. Infolge der Erhitzung entwickelt sich aus dem Kaliumchlorat sehr bald eine grosse Menge (39,16 Prozent) von reinem Sauerstoffgas. Der Braunstein hat hier nur den Zweck, der ganzen Masse des Kaliumchlorats die Wärme rasch mitzuteilen, da das Kaliumchlorat für sich[6] ein schlechter Wärmeleiter ist.

Der Sauerstoff ist ein farbloses, durchsichtiges, geruch- und geschmackloses Gas. Bei niedrigen Kältegraden und unter gleichzeitiger Anwendung eines hohen Druckes lässt sich der Sauerstoff zur Flüssigkeit verdichten. Seine kritische Temperatur liegt bei —118,9°. Bei dieser Temperatur genügt ein Druck von 50,8 Atmosphären, um den Sauerstoff zu verflüssigen. Bei noch niedrigeren Temperaturen genügt ein noch niedrigerer Druck. Der Sauerstoff ist derjenige Bestandteil der Luft, welcher den Verbrennungsprozess unterhält. Er verbindet sich hierbei mit dem brennenden Körper. Diesen Vorgang nennen wir Oxydation; die Produkte der Verbrennung heissen je nach[7] der Menge des in der

Verbindung enthaltenen Sauerstoffs Oxydul[8], Oxyd, Superoxyd[9] etc.

Stickstoff[10] und Sauerstoff z. B. können in fünf verschiedenen Verhältnissen mit einander verbunden werden:

1. Stickstoffoxydul N_2O
2. Stickstoffoxyd NO
3. Stickstoffsesquioxyd N_2O_3
4. Stickstoffdioxyd NO_2
5. Stickstoffpentoxyd N_2O_5

49.

Die Salpetersäure HNO_3, Molekulargewicht = 62,58, spez. Gew. bei 0° = 1,56, bei 15° = 1,530, kommt auf der Erde hauptsächlich in der Form von Salzen, den Nitraten, vor, z. B. als salpetersaures[1] Kali (Kalisalpeter), und ganz besonders als salpetersaures Natron (Chilesalpeter), letzteres in ungeheuren Lagern in einigen Distrikten Chiles und Perus. Zur Darstellung der Salpetersäure benutzt man hauptsächlich den Chilesalpeter, indem man[2] 4 Gewichtsteile desselben mit 4½ Gewichtsteilen englischer Schwefelsäure langsam destilliert, wobei die Salpetersäure übergeht[3], während Natriumhydrosulfat zurückbleibt. 1 Molekül Chilesalpeter $NaNO_3$ wird nämlich[4] zersetzt durch 1 Molekül Schwefelsäure H_2SO_4, zu HNO_3 und zu $NaHSO_4$. Destilliert man den Salpeter mit einer geringeren Menge von Schwefelsäure, als oben angegeben wurde, oder erhitzt ein Gemenge von Chilesalpeter und Thonerde zum Glühen, so erhält man eine mit Untersalpetersäure[5] verunreinigte Salpetersäure von sehr ätzender Wirkung als rotgelbe Flüssigkeit, die sogen.[6] rote rauchende Salpetersäure. Die reine Salpetersäure ist eine farblose, an der Luft stark rauchende Flüssigkeit, die bei 86° siedet, bei —40° zu einer

farblosen Krystallmasse erstarrt. Mit Wasser mischt sie sich in jedem Verhältnis. Der Säuregehalt[7] der Mischung wird durch das spezifische Gewicht bestimmt. Die gewöhnliche konzentrierte Säure des Handels besitzt bei 15,5° das spez. Gew. 1,41 entsprechend einem Gehalt an reiner Salpetersäure von 68 Prozent; ihr Siedepunkt liegt bei 123°. Die Salpetersäure färbt die Haut und manche organische Stoffe gelb, wirkt überhaupt sehr ätzend[8] und zerstörend und muss mit Vorsicht behandelt werden. Sie ist ziemlich unbeständig[9] und zersetzt sich schon unter dem Einfluss des Lichts ($2\ HNO_3 = 2\ NO_2 + H_2O + O$), wobei sie wegen des Stickstoffdioxydgehalts eine gelbe Farbe annimmt. Der durch den gasförmig entweichenden Sauerstoff ausgeübte Druck kann dichtgeschlossene Gefässe zersprengen. Es empfiehlt sich daher, die Salpetersäure in kühlen Räumen vor Licht geschützt aufzubewahren. Infolge ihrer leichten Zersetzbarkeit unter Sauerstoffabgabe ist die Salpetersäure ein starkes Oxydationsmittel. Die meisten Metalle werden von ihr oxydiert. Die gebildeten Oxyde[10] lösen sich fast alle (nicht z. B. Zinn und Antimon) in der überschüssigen Säure[11] zu salpetersauren Salzen, Nitraten. Ihrer Eigenschaft, Silber zu lösen und Gold nicht anzugreifen, verdankt die Salpetersäure den Namen Scheidewasser[12], weil man sie schon früher dazu benutzte, um damit Gold vom Silber zu scheiden. Die Salpetersäure hat in der chemischen Industrie, besonders zur Darstellung vieler sogenannter Nitroverbindungen (Nitrobenzol, Schiessbaumwolle, Dynamit etc.) eine sehr bedeutende Anwendung gefunden. Mit dem drei- bis vierfachen Volumen Salzsäure vermischt, bildet sie eine gelbe, stark nach Chlor riechende Flüssigkeit, welche Gold und Platin auflöst und Königswasser[13] genannt wird.

50.

Die Schwefelsäure H_2SO_4, Molekulargewicht = 97,35, spez. Gew. = 1,854, ist auf der Erde in der Form ihrer Salze sehr verbreitet. Sie bildet sich beim Zusammentritt[1] von Schwefeltrioxyd und Wasser. Schwefeltrioxyd entsteht leicht durch Oxydation von schwefliger Säure SO_2 mittels des Sauerstoffs der Luft. Findet dieser Prozess bei Gegenwart von Wasser statt, so wird direkt aus der schwefligen Säure Schwefelsäure gewonnen:

$$SO_2+O+H_2O=H_2SO_4.$$

Diese Entstehungsart[2] ist die Grundlage der grossartigen Schwefelsäureindustrie.

Auf geeigneten Herden[3] wird Schwefel zu schwefliger Säure[4] verbrannt ($S+O_2=SO_2$) oder es[5] werden in geeigneten Rostöfen natürlich vorkommende Metallsulfide, z. B. Schwefelkies (FeS_2), Zinkblende (ZnS), Bleiglanz (PbS) in der Glühhitze bei Luftzutritt oxydiert, wobei sich der Schwefel der Sulfide ganz oder teilweise in schwefligsaures Gas verwandelt, z. B.

$$4\,FeS_2+11\,O_2=2\,Fe_2O_3\ \text{(Eisenoxyd)}+8\,SO_2$$

Die bei dieser Reaktion entstehende Wärme ist genügend, um den Röstprozess ohne besondere Feuerung zu unterhalten. Die zum grössten Teil aus schwefliger Säure bestehenden Röstgase werden in Bleikammern mit Wasserdampf und Salpetersäure zusammengebracht, wobei man dafür sorgt[6], dass gleichzeitig immer frische Luft zutreten kann und dass im Innern der Kammern eine Temperatur von ungefähr 40° herrscht. Während nun die schweflige Säure durch die Bleikammern strömt und gleichzeitig mit Luft und den Dämpfen der Salpetersäure bei Vorhandensein[7] von Wasser in Berührung kommt, wird sie durch den Sauerstoff der Salpetersäure zu Schwefelsäure oxydiert,

während sich die Salpetersäure zu Stickstoffdioxyd (Untersalpetersäure[8]) reduziert. Sobald aber letzteres mit den vorhandenen Wasserdämpfen in Berührung kommt, zerfällt[9] es zu Salpetersäure, die von neuem eine entsprechende Menge von schwefliger Säure zu Schwefelsäure oxydiert, und zu Stickstoffoxyd, das unter Aufnahme von Sauerstoff aus der in der Kammer vorhandenen Luft von neuem in Stickstoffdioxyd übergeht[10], so dass also eine kleine Menge Salpetersäure genügt, um grosse Mengen von schwefliger Säure in Schwefelsäure überzuführen[11].

Die Schwefelsäure des Handels, zuweilen auch englische Schwefelsäure oder Vitriolöl genannt, ist eine farblose, durchsichtige, geruchlose Flüssigkeit von 1,83 Dichte und einem Gehalt von 98 Prozent Schwefelsäure neben 2 Prozent Wasser; oder im reinsten, konzentriertesten Zustande von 1,854 Dichte. Sie besitzt einen brennend scharfen, ätzenden, oder, wenn mit viel Wasser verdünnt, rein sauren Geschmack, siedet bei 338° oder wenn ihre Dichte nur 1,83 bei 326°. Auf die meisten organischen Substanzen wirkt sie zerstörend ein, verkohlt z. B. Holz, Stärke, Zucker, löst Haut und Leder auf und wirkt daher innerlich genossen[12], im konzentrierten Zustande als ätzendes, heftiges Gift. Will man Schwefelsäure verdünnen, so muss die Säure langsam und unter Umrühren in das Wasser gegossen werden. Giesst man unvorsichtigerweise wenig Wasser zu Schwefelsäure, so entsteht oft heftiges Spritzen der Flüssigkeit, wodurch man leicht beschädigt werden könnte. Je mehr man die Säure mit Wasser verdünnt, desto niedriger wird ihre Dichte. Man muss die Schwefelsäure in gut mit Glasstöpsel verschlossenen Flaschen aufbewahren, da sie sonst, die Feuchtigkeit aus der Luft anziehend, allmählig verdünnter wird.

51.

Mit den Metalloxyden setzt sich die Schwefelsäure unter meist sehr heftiger Einwirkung[1] zu schwefelsauren Salzen, Sulfaten oder Vitriolen um, von welchen sich viele oft massenhaft in der Natur finden; so z. B. das Kaliumsulfat oder das schwefelsaure Kali, das Natriumsulfat oder das schwefelsaure Natron (Glaubersalz), das Bariumsulfat oder der schwefelsaure Baryt (Schwerspat), das Strontiumsulfat oder der schwefelsaure Strontian (Cölestin), das Calciumsulfat oder der schwefelsaure Kalk[2] (Gips, Anhydrid), das Magnesiumsulfat oder die schwefelsaure Magnesia (Bittersalz[3]), das Bleisulfat oder das schwefelsaure Bleioxyd (Bleivitriol) und viele andere. Die Schwefelsäure ist eine der unentbehrlichsten chemischen Verbindungen und wird bei chemischen Operationen massenhaft[4] und zu den verschiedensten Zwecken gebraucht. Ausser der englischen Schwefelsäure, welche man auch nur kurzweg als Schwefelsäure bezeichnet, erhält man im Handel noch die sogen. Nordhäuser- oder rauchende Schwefelsäure, rauchendes Vitriolöl, neuerdings Oleum genannt, eine bräunliche, ölige, äusserst ätzende, an der Luft weisse, stechend saure Dämpfe ausstossende Flüssigkeit von 1,88 bis 1,93 Dichte, die eine Mischung der gewöhnlichen Schwefelsäure mit Schwefelsäureanhydrid ist. Dieses Oleum findet in der chemischen Technik[5] eine immer steigende Verwendung, z. B. in der Farbenfabrikation, zur Lösung des Indigos, zur Reinigung gewisser Mineralöle etc. Wird das Oleum auf 80° erwärmt, so destilliert Schwefelsäureanhydrid ab, das auf diese Weise leicht in geringen Mengen dargestellt werden kann.

Natron. Was man im Handel Natron oder Aetznatron[6] nennt, ist stets Natriumhydroxyd oder Natronhydrat NaOH. Es wird im kleinen[7] dargestellt, indem man[8] zu einer sieden-

den Lösung von 4 Teilen krystallisierter Soda in 24 Teilen Wasser allmählig und unter Umrühren einen aus 1½ Teilen gebranntem Kalk und 4 Teilen Wasser bereiteten Kalkbrei[9] hinzufügt und so lange kocht, bis eine herausgenommene filtrierte Probe beim Versetzen[10] mit verdünnter Salzsäure nicht mehr aufbraust. Der Kessel, in welchem diese Zersetzung vorgenommen wird, wird hierauf bedeckt, und nachdem sich das gebildete Calciumkarbonat zu Boden gesetzt hat, zieht man mit einem Heber die klare Natronhydratlösung, die sogen. ätzende Lauge, Seifensiederlauge, Aetznatronlauge, Natronlauge ab und dampft[11] sie in eisernen Kesseln oder silbernen Schalen[12] so weit ein, bis ein Tropfen der Flüssigkeit auf einer kalten Glastafel sogleich erstarrt. Im grossen[13] gewinnt man zur Zeit das Natriumhydroxyd hauptsächlich auf elektrolytischem Wege. Das Aetznatron ist eine weisse, undurchsichtige, faserige oder körnige Masse von 2,13 Dichte. In der Rotglühhitze schmilzt es zur farblosen Flüssigkeit; in der Weissglühhitze ist es flüchtig. Es zieht aus der Luft mit Begierde[14] Feuchtigkeit und Kohlensäure an, löst sich im Wasser unter Erhitzung in fast jedem Verhältnisse auf, wirkt äusserst ätzend (zerstörend) auf organische, namentlich tierische Substanzen ein. Seine wässerige Lösung, die Natronlauge, benutzt man zur Seifenfabrikation, zum Bleichen, Reinigen und Waschen von Stoffen und in der Chemie zur Darstellung vieler chemischer Präparate oder Einleitung[15] chemischer Zersetzungen.

Die Natronsalze sind mit Ausnahme des Natriumantimonats, antimonsauren Natrons, in Wasser sämtlich[16] löslich und meistens aus ihren Lösungen leicht krystallisierbar. Sie zeichnen sich dadurch aus[17], dass sie, mit Salzsäure befeuchtet und mit Weingeist übergossen, wenn dieser entzündet wird, der Flamme eine lebhafte gelbe Farbe erteilen.

52.

Soda. Das neutrale kohlensaure Natron $Na_2CO_3 + 10\ H_2O$ ist eines der wichtigsten Salze und wird daher im grossartigsten Massstabe[1] fabriziert. Am häufigsten benutzt man zu seiner Fabrikation das Kochsalz. Zu diesem Behufe wird nach dem Verfahren von Leblanc das Kochsalz zunächst durch Erhitzen mit Schwefelsäure zersetzt und in Glaubersalz übergeführt. Diese Erhitzung findet in besonderen Oefen statt, die so konstruirt sind, dass alles[2] bei der Zersetzung des Kochsalzes durch die Schwefelsäure frei werdende Chlorwasserstoffgas behufs[3] seiner Verdichtung durch Wasser und Ueberführung in verkäufliche Salzsäure abgeleitet werden kann. Zuletzt wird das entstandene Glaubersalz bis zum Glühen erhitzt und dann in den Sodaschmelzöfen mit ungefähr seinem gleichen Gewicht von Calciumkarbonat und zwei Dritteilen Anthracit oder Steinkohle unter fortwährendem Durcharbeiten der Masse bis zum Schmelzen erhitzt, wobei zunächst infolge der reduzierenden Einwirkung des Kohlenstoffs das Glaubersalz zu Schwefelnatrium reduziert wird, welches sich mit dem Calciumkarbonat zu Natriumkarbonat (Soda) und zu Calciumoxysulfid umsetzt.[4] Aus der geschmolzenen Masse wird durch Wasser das Natriumkarbonat ausgezogen und durch Verdunsten dieser Auflösung in Krystallen bereitet[5], muss aber dann durch nochmaliges[6] Umkrystallisieren weiter gereinigt werden.

Nach dem seit 1870 im grossen zur Anwendung gekommenen Verfahren[7] von Solvay, löst man in konzentriertem, aus Gaswasser dargestelltem Aetzammoniak Kochsalz auf und leitet in diese Lösung unter einem Drucke von 2 Atmosphären Kohlensäuregas, wobei sich Natriumdikarbonat bildet, das herauskrystallisiert, während Salmiak[8] in

Lösung bleibt. Durch Erhitzen wird das Natriumdikarbonat in Soda übergeführt und die dabei entweichende Kohlensäure wieder von neuem verwendet. Den gleichzeitig entstandenen Salmiak zersetzt man immer wieder durch Kalk, um von Neuem Ammoniak daraus abzuscheiden, wobei sich als letztes Produkt Chlorcalcium bildet. Bei diesem Verfahren erspart man die mühevollen Schmelzoperationen; aber man gewinnt keine Salzsäure, die zu den unentbehrlichsten Chemikalien gehört und beim Leblanc-Verfahren als billiges Nebenprodukt entsteht.

In neuester Zeit stellt[9] man auch aus dem elektrolytisch gewonnenen Natriumhydroxyd Soda her, indem man[10] durch Einleiten von Kohlensäure zunächst Natriumdikarbonat (doppeltkohlensaures Natron) erzeugt.

53.

Das Eisen findet sich nur in den aus dem Weltraume auf die Erde gefallenen Meteoriten gediegen[1], sonst mit Sauerstoff oder Schwefel verbunden. Wir kennen kaum ein Gestein, das nicht mindestens Spuren von Eisen enthält, und kaum eine Pflanze, die bei der Verbrennung nicht eine eisenhaltige[2] Asche hinterlässt. Auch findet es sich im tierischen und menschlichen Körper. Im chemisch reinen Zustand ist es fast silberweiss, metallisch glänzend, sehr weich, geschmeidig und hämmerbar, von 7,844 Dichte, schmilzt erst bei über 1600°, hält sich[3] in trockener Luft; in feuchter Luft dagegen beginnt es unter Aufnahme von Sauerstoff zu rosten. Es löst sich leicht in verdünnter Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure auf. Im konzentrierten Zustande dagegen greifen[4] diese Säuren, namentlich die Schwefelsäure das Eisen selbst in der Hitze nicht an. Es wird vom Magnete angezogen. Da es von allen Metallen das

wichtigste ist, wird es aus seinen Erzen, namentlich dem natürlichen Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, Magneteisen und Eisenkarbonat, hüttenmännisch[5] in grossartigstem Massstabe abgeschieden.

Das Roheisen[6] ist die unreinste Eisensorte. Es wird durch den sogen. Hochofenprozess[7] abgeschieden. Zur Gewinnung des Roheisens werden nötigenfalls die Eisenerze behufs[8] Austreibung von Wasser, Schwefel, Arsen u. dergl.[9] zunächst geröstet. Dann werden die Eisenerze mit Koks[10] (seltener mit Holzkohle) und einem die Schmelzung vermittelnden[11] Gestein (Kalkstein, Quarz u. dergl.) von oben in den glühenden Hochofen aufgeschüttet, während von unten erhitzte Luft zuströmt. Die Kohle reduziert die Eisenoxyde zu metallischem Eisen, das sich unter der Schlacke[12], dem geschmolzenen Gestein sammelt, während glühende Gase, die sogen. Gichtgase[13], oben aus dem Ofen entweichen. Die Schlacke fliesst beständig ab; das Roheisen wird von Zeit zu Zeit abgelassen. Der Hochofen wird ununterbrochen, Tag und Nacht im Betriebe[14] erhalten. Das weisse Roheisen lässt sich nicht mit Werkzeugen verarbeiten. Es schmilzt bei 1000 bis 1200°, ist aber im geschmolzenen Zustande dickflüssig[15] und zum Giessen nicht geeignet; dagegen ist es das Hauptmaterial zur Schmiedeeisen- und Stahlfabrikation. Zur letzteren benutzt man besonders eine grossblätterige[16], lebhaft glänzende, 5 bis 20 Prozent Mangan enthaltende Sorte, welche unter dem Namen Spiegeleisen bekannt ist.

Das graue Roheisen ist von körnigem[17], nicht krystallinischem Gefüge[18], ziemlich weich und zähe, bricht jedoch, wie das weisse Roheisen, unter den Schlägen des Hammers, lässt sich dagegen feilen, bohren, drehen, überhaupt mit den verschiedensten Werkzeugen verarbeiten. Es schmilzt bei

etwa 1100°, ist im geschmolzenen Zustande dünnflüssig und daher zum Giessen geeignet, weshalb man es gewöhnlich Gusseisen nennt.

Das Schmiedeeisen[19] oder Stabeisen[20] ist das reinste Eisen, das zur technischen Verwendung kommt. Es enthält nur 0,2 bis 0,5 Prozent Kohlenstoff, besitzt eine Dichte von 7,5 bis 7,85 und ist weich, geschmeidig und zäh. Sowohl im kalten wie besonders im glühenden Zustand ist es hämmerbar und streckbar[21] und lässt sich mit den verschiedensten Werkzeugen bearbeiten. In der Weissglühhitze erweicht es und wird schweissbar[22], d. h. es können mehrere durch Glühhitze erweichte Stücke durch Druck und Schlag, z. B. unter einem Dampfhammer zu einem Stück verbunden, zusammengeschweisst werden. Auch kann dies erweichte glühende Eisen unter Walzen und Hämmern zu Schienen, Blechen etc. ausgewalzt oder in die verschiedenartigsten Formen gebracht werden.

54.

Das Schmiedeeisen schmilzt erst bei 1600° und lässt sich nicht giessen. Es wird nicht direkt aus den Eisenerzen, sondern aus dem Roheisen dargestellt, indem[1] man letzteres einem oxydierenden Schmelzprozesse, entweder nach alter Art, dem sogenannten Frischen oder Puddeln, oder nach neuer Art, dem Bessemer- oder Martinverfahren unterwirft, wobei[2] die im Roheisen enthaltenen Stoffe bis auf einen kleinen Teil des Kohlenstoffs verbrennen und sich als Schlacke ausscheiden, während Schmiedeeisen zurückbleibt.

Der Stahl enthält 0,6 bis 1,9 Prozent Kohlenstoff, der fast vollständig chemisch mit dem Eisen verbunden ist. Seine Dichte ist 7,7 bis 7,85. Es ist licht grauweiss, erscheint auf dem Bruche stets körnig, jedoch dichter und gleich-

mässiger als das Stabeisen; er lässt sich schmieden und walzen und bleibt dabei immer körnig, wird also nicht sehnig[3] wie das Schmiedeeisen; auch mit den verschiedensten Werkzeugen lässt er sich bearbeiten und wie das Schmiedeeisen schweissen. Bei etwa 1400° schmilzt er und lässt sich giessen. Die merkwürdigste Veränderung erleidet er aber, wenn man ihn bis ungefähr zum Kirschrotglühen (800°) erhitzt und glühend in kaltem Wasser ablöscht[4]. Hierdurch wird der Stahl glashart, so dass er Glas ritzt und an Kieselsteinen Funken giebt. Man nennt dies das Härten des Stahls. Erwärmt man aber den so gehärteten Stahl, z. B. in Metallbädern, auf 221 bis 322°, so verliert er unter Annahme verschiedener Farben (hellgelb, strohgelb, hafergelb, goldgelb, orange, braun, purpurfleckig, purpurrot, hellblau oder violett, dunkelblau und schwarzblau) in dem Verhältnisse wie die Temperatur steigt, an seiner Härte, und nimmt dagegen an seiner Elastizität zu. Diese Operation nennt man Anlassen oder Adoucieren[5] des Stahls. Der gehärtete Stahl ist ungemein politurfähig und widersteht der oxydierenden Wirkung der Luft ziemlich gut. Im allgemeinen übertrifft der Stahl das Schmiedeeisen an Festigkeit sehr bedeutend und verdrängt das letztere in dem Verhältnisse als er billiger produziert werden kann mehr und mehr.

Eisen und Sauerstoff verbinden sich direkt mit einander. Man kennt mindestens drei verschiedene Oxyde.

Das Eisenoxydul, Ferrooxyd[6] FeO ist in reinem Zustande wenig bekannt. Das Eisenoxyd, Ferrioxyd[7], Eisensesquioxyd, Fe_2O_3, findet sich sehr häufig in der Natur. Wenn metallisches Eisen längere Zeit in feuchter Luft liegen bleibt, so bildet sich darauf der sogenannte Rost, der nichts anderes ist als Eisenhydroxyd.

Eisenoxyd und Eisenoxydul vereinigen sich in verschiedenen Verhältnissen mit einander, besonders zu Eisenoxyduloxyd Fe_3O_4, das in der Natur als Magneteisenstein vorkommt.

Je nachdem sich Eisenoxydul oder Eisenoxyd mit Säuren zu Salzen umsetzt, erhalten wir Ferrosalze oder Ferrisalze.

So unterscheidet man z. B. das Ferrosulfat, das schwefelsaure Eisenoxydul $FeSO_4 + 7\,H_2O$, auch Eisenvitriol, grüner Vitriol genannt, von dem Ferrisulfat, dem schwefelsauren Eisenoxyd $Fe_2(SO_4)_3$.

Mit Chlor bildet das Eisen das Ferrochlorid, Eisenchlorür[8] $FeCl_2$ und das Ferrichlorid, Eisenchlorid Fe_2Cl_6 oder richtiger Fe_2Cl_3.

Eisen und Schwefel verbinden sich sehr leicht direkt mit einander. Man kennt mindestens drei verschiedene Eisensulfide: das Ferrosulfid, Einfachschwefeleisen[9] FeS, das Ferrisulfid, Eisensesquisulfid Fe_2S_3, und das Eisendisulfid, Zweifachschwefeleisen[9] FeS_2.

55.

Benzolreihe. Die wichtigeren[1], besonders die niedrigeren[1] Glieder der Benzolreihe findet man in dem[2] durch trockene Destillation der Steinkohlen behufs der Leuchtgasbereitung entstehenden Steinkohlenteer, zum Teil auch im Steinkohlenleuchtgas selbst, und benutzt beide Produkte zu ihrer Fabrikation, die in grossem Massstabe betrieben wird, und darauf beruht[3], dass man den Kohlenteer der fraktionierten Destillation unterwirft und die Produkte nach[4] ihren Siedpunkten trennt und durch verschiedene Manipulationen reinigt. In neuerer Zeit werden auch beträchtliche Mengen von Benzol und Homologen (Toluol, Xylol, Cumol etc.)

aus dem Gase der Koksöfen gewonnen. Bei diesem Prozess entstehen bedeutende Mengen von Gas, welches durch geeignete, mit schweren Teerölen beschickte[5] Absorptionsapparate geleitet wird, wobei das Teeröl das im Gas enthaltene Benzol samt Homologen zurückhält. Durch Einblasen von gespanntem Wasserdampf entzieht man dem vorher erhitzten Oel das absorbierte Benzol wieder, da letzteres mit Wasserdämpfen leicht flüchtig ist. Die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe[6] lassen sich unter dem Einflusse verschiedener chemischer Agentien leicht in unbegrenzt viele neue Verbindungen überführen. Mit Chlor, Brom und Jod geben sie Additions- oder Substitutionsprodukte, mit konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure Nitroderivate, in welchen ein oder mehrere Wasserstoffatome durch die Gruppe NO_2 ersetzt[7] sind. Bei der Einwirkung von konzentrierter oder von rauchender Schwefelsäure bilden sich Sulfosäuren[8]: hier wird ein Wasserstoffatom, oder auch mehrere, durch die Gruppe SO_3H ersetzt. Diese Kohlenwasserstoffe sind infolgedessen nicht allein in wissenschaftlicher Hinsicht höchst interessant, sondern, da mehrere der aus ihnen darstellbaren Körper eine bedeutende technische[9] Anwendung gefunden haben, zugleich auch von grosser praktischer Wichtigkeit. Ganz besonders gilt[10] dies vom Benzol C_6H_6.

Das Benzol ist eine farblose, sehr lichtbrechende, leicht bewegliche Flüssigkeit von eigentümlichem, nicht sehr unangenehmem Geruch, von 0,89 Dichte, und dadurch ausgezeichnet, dass es bei 0° zu einer blätterig[11] krystallinischen Masse oder zu rhombischen Prismen erstarrt. In Wasser ist es unlöslich, lässt sich dagegen mit Alkohol, Aether, ätherischen Oelen etc. in jedem Verhältnisse mischen und ist ein vorzügliches Lösungsmittel für alle Fette, für

Asphalt, Kautschuk, Guttapercha und viele andere Stoffe. Es ist leicht entzündlich und brennt mit hellleuchtender, russender[12] Flamme.

Bringt man Benzol unter Kühlung mit möglichst konzentrierter, von niederen Stickstoffoxyden freier Salpetersäure zusammen, so wird es glatt[13] in Nitrobenzol $C_6H_5(NO_2)$ verwandelt. Nach Zusatz von Wasser scheidet sich das entstandene[14] Nitrobenzol als schwere Flüssigkeit ab, wird gesammelt und mit Wasser gewaschen.

Behandelt man das Nitrobenzol mit Gemischen, welche Wasserstoff entwickeln, z. B. Eisen und Salzsäure, so wird die Nitrogruppe zu der Gruppe NH_2 (Amingruppe genannt) reduziert und es bildet sich Anilin (Amidobenzol) $C_6H_5(NH_2)$, eine ölige Flüssigkeit, welche zur Fabrikation der Anilinfarben eine ausserordentliche technische Wichtigkeit erlangt hat.

NOTES.

1.

1. **Der Posten:** item, term. 2. Observe that this sentence be-
the next clause begins with **so.** Under these circumstnces supply
gins with a verb, but is not a question, nor a command; also that
it at the beginning. 3. **Wievielmal... sovielmal:** as many times...
so many times. 4. Before translating **um,** see if the phrase ends with
zu and an infinitive; if so **um** = in order. 5. **oder aber:** or else.
6. **seinem Werte nach:** according to its value = as regards its
value. 7. **Jede Art der Einheiten:** each kind of units. 8. **schrift-
lich:** in writing. 9. **indem man... rückt** and **dadurch, dass
man... rückt** are two German ways of saying *by moving.* Verbs
following **indem man** or **dadurch, dass man** should be turned into
the English present participle with *by.* 10. **die... Stelle:** the place.
This is the compound adjective construction which is so common in
scientific German. Observe how the phrase is built up:

die werdende Stelle	the becoming place
die leer werdende Stelle	the empty-becoming place
die dadurch leer wer-dende Stelle	the thereby empty be-coming place

The article (**die**) or some other determining word is separated
from its noun (**Stelle**) by a number of words; but in all cases the
word next before the noun is an adjective or participle (**werdende**),
which in turn is preceded by a word qualifying it (**leer**) and so on.
In English the corresponding words follow the noun in the reverse
order. This note will be frequently referred to.

2.

1. **Die Quersumme:** sum across = sum of the digits. 2. **also:**
therefore; *never* translate it by *also.* 3. **geradstellig, ungeradstel-
lig:** even, odd. 4. **ein Mehrfaches:** a multiple. 5. **der Nenner, der**

Zähler: denominator, numerator. 6. see 1 Note 9. 7. **Grundfaktoren**: prime factors. 8. **d. h. (das heisst)**: that is to say (*i. e.*) 9. **an und für sich**: by itself, *per se*. 10. **beziehungsweise**: or as the case may be. 11. **darin, dass man... dividiert**: in dividing (*lit.*: in this, namely that we divide). **Darin** anticipates and represents the following clause. 12. **der beiden betreffenden Zahlen**: of the two numbers in question. 13. **das Glied, Vorderglied, Hinterglied**: term, antecedent, consequent.

3.

1. **soll erhoben werden**: is to be raised. Very frequently **soll** with an infinitive means *is to*. 2. **das Quadrat**: square; **das Biquadrat**: fourth power. 3. **vereinfachen**: to simplify. 4. **es sei x**: let x be. 5. **beträgt (betragen)**: amounts to. 6. **die Rechnung stimmt**: the calculation is correct. 7. **belaufen sich** amount to. 8. **die Beschaffenheit**: nature. 9. **der Rest verhält sich zur Summe wie eins zu zwei**: the remainder is to the sum as one is to two. **Das Verhältnis**: ratio, relation. 10. See 1 Note 2; **zieht... ab (abziehen)**: subtracts.

4.

1. **Soll**; see 3 Note 1. 2. **und zwar**: and moreover. 3. **gerade so viel**: just as much. 4. **überdies**; in addition, to boot. 5. **sieben Meilen zurückgelegt**: makes 7 miles. The German mile varied in different sections from 4.7 to 5.6 U. S. miles. 6. **zu Stande bringen**: do, accomplish, finish. 7. **in eben der Zeit**: in the same time. 8. **genötigt**: obliged. 9. **herabzusetzen**: to reduce. 10. **Angaben**: data, statements. 11. **die Mandel**: lot or set of 15. 12. **um 306**: by 306. **Um** often means *to the amount of*, *to the extent of*, 13. **das Merkmal**: characteristic. 14. **nach dem Berichte**: according to the report. 15. **das erste Feld**: the first square. 16. **wenn ...auch**: even if.

5.

1. **z. B. (zum Beispiel)**: for example. 2. **die... Linien**; see 1 Note 10. 3. **einerlei Seite**; one and the same side. 4. **kongruent**: equal in every respect. 5. **betragen**; see 3 Note 5. 6. **Es** is merely

introductory; the subject is **Seiten**. 7. **man stecke... ab!** lay off; *lit.* let one lay off. 8. **also**; see 2 Note 2. 9. **alsdann** = **dann**: then. 10. **daran stossenden (Seite)**: side adjacent to it.

6.

1. **eine... Figur**; see 1 Note 10. 2. **die... senkrechte**; see 1 Note 10. 3. **die Sehne**: chord. 4. **dazu gehörigen**: belonging to it. 5. **ganz beliebig... gegebene Punkte**: points given entirely at pleasure = any given points whatever. 6. **der Centriwinkel**: angle at the centre. 7. **der Peripheriwinkel**: .angle at the cirumference. 8. **inhaltsgleich** equal in area; **der Inhalt**: contents. 9. **die Kathete**: leg of a right-angled triangle. 10. **Sei CAB ein... Dreieck**: let CAB be a triangle. 11. **der... Quadrate**; see 1 Note 10. 12. **es lässt sich zeigen**: it allowes itself to be shown = it may be shown. A common use of **lassen**. 13. **Hülfslinien**: auxiliary lines, construction lines. 14. see 1 Note 9. 15. **d. i. (das ist)**: that is to say (i. e.)

7.

1. **nach keiner Seite hin**: in no direction. 2. **wie weit... auch**: however far. 3. **gleichlaufend**: German equivalent for parallel. In many cases German uses a foreign word and also a native word for the same term. 4. 5. **die... Seiten**; see 1 Note 10. 6. **verhalten sich**: are to each other. 7. **Die... Senkrechte**; see 1 Note 10. 8. **anliegend**: adjacent. 9. **es kommt nur darauf an**: it is only required.

8.

1. **Um um**: the first um means *in order* and belongs to the infinitive **zu beschreiben**; the second **um** means *around*. 2. **halbiere**: bisect. 3. **herumzutragen**: to lay off. 4. **eines Vielecks**; see 1 Note 10. 5. **die Fläche**: surface, area. 6. **körperliche**: solid. 7. **bis ins Unendliche**: to infinity. 8. **der Körper**: body; (in Geometry) solid. 9. **zwei... Ebenen**; see 1 Note 10. 10. **entsteht**: is formed. 11. **die Grundfläche**: base (surface). 12. **und zwar**: and moreover.

9.

1. **inhaltsgleich**: of equal (cubic) contents = of equal volume. 2. **die Mantelfläche**: curved surface. 3. **dergestalt**: in such a manner. 4. **Ein... Abschnitt**; see 1 Note 10. 5. **Wie verhalten sich**: in what ratio are... to each other. 6. **einem... Denkmale**; see 1 Note 10.

10.

1. **im Wesentlichen**: essentially. 2. **allseitig**: on all sides. 3. **die Einheit**: unit. 4. **das... Normalmeter**; see 1 Note 10. 5. **Allgemeine Eigenschaften**: universal properties. 6. **starr**: rigid, solid. 7. **geläufig**: familiar. 8. **selbstverständlich**: of course.

11.

1. **das Beharrungsvermögen**: capacity for persisting = inertia. 2. **sich gerade befindet**: just finds itself = just happens to be. 3. **das Kausalgesetz**: law of causation. 4. **ein... Körper**; see 1 Note 10. 5. **die Festigkeit**: firmness = strength. 6. **reicht... hin (hinreichen)**: suffices. 7. **der Annahme widersetzt**: opposes the assumption. 8. **infolgedessen (in Folge dessen)**: in consequence of that. 9. **wegschnellen**: to fillip. 10. **Beispiele** is the object of **bieten**, and **für** governs **Drehungsbewegungen**. 11. **entsprechend**: corresponding, appropriate.

12.

1. **äussert sich**: manifests itself. 2. see 1 Note 10. 3. **die Unterlage**: support. 4. **übt... aus (ausüben)**: exerts. 5. **also**; see 2 Note 2. 6. **das Lot (Loth)**: plumb-line. 7. **Vielfache**: multiples. 8. **giebt... an (angeben)**: states. 9. **Pyknometer**: specific gravity flask. 10. **Es sei nun P_1 das Gewicht**: now let P'_1 be the weight. 11. **alsdann = dann**: then. 12. **einer... Marke**; see 1 Note 10.

13.

1. **Orte und Lagen**: places and positions. 2. see 1 Note 2. 3. **gelegen**: situated. 4. **fortschreitende Bewegung**: motion of translation. 5. **die... Wege**: the paths; see 1 Note 10. 6. **von einem... begriffenen Körper**: of a body engaged; see 1 Note 10. 7. see 1 Note 2. 8. **der... Weg**: the path; see 1 Note 10. 9. **infolge (in**

Folge): in consequence. 10. **einer beliebig**: of any desired, of any whatever. 11. **kommt... zu stande**: comes about, is brought about. 12. **bei**: in the case of (not *by*.) **Bei** is of very common occurence with this meaning, which will generally suggest the proper preposition (at, with, in etc.) to use in English.

14.

1. **die Gewichtseinheit**: unit of weight. 2. **heisst**: means. 3. **die Breite**: latitude. 4. **am Meeresspiegel**: at the level of the sea. 5. **am bequemsten**: most conveniently. 6. **darstellen**: to represent. 7. t stands for **Tonne** = 1000 kg. 8. see 1 Note 2. 9. Observe that the comma is used as a decimal point and the period as a sign of multiplication. 10. **also**; see 2 Note 2. 11. **nimmt... zu (zunehmen)**: increases. 12. see 1 Note 2. 13. **um**: to the distance of. 14. **die Gesammtarbeit**: total work. 15. **einzel (einzeln)**: separate.

15.

1. See 1 Note 2. 2. **aufgespeichert**: stored up. 3. **bei Verminderung**: on diminishing; see 13 Note 12. 4. **um**: to the distance of. 5. **musste**: had to. Do not translate by *must;* it is in the past tense. 6. **geleistet**: **(leisten)**: performed. **Die Leistung**: performance. 7. **streng genommen**: taken strictly = strictly speaking. 8. **eine Feder spannen**: compress a spring. 9. **die Spannkraft**: tension, potential. 10. **bei Beurtheilung**: in judging; see 13 Note 12. 11. **ist massgebend**: is decisive, is a criterion. 12. **hinsichtlich**: as regards. 13. **u. s. f. (und so fort)**: and so forth.

16.

1. **Nebenformen**: secondary forms. 2. **noch so komplizierten**: never so complicated, no matter how complicated. 3. **rollen**: the hyphen indicates that **hinab** belongs also to **rollen**: to roll down. 4. **stellt... dar (darstellen)**: represents. 5. **einen... Druck**: see 1 Note 10. 6. **aufheben**: to neutralize, balance. 7. **der Fall**: case. 8. **aufzufassen**: to conceive. 9. **entstanden (entstehen)**: originated, formed. 10. **flachgängig**: square-threaded. 11. **bez. (beziehungsweise)**: or as the case may be. 12. **scharfgängig**: v-threaded. 13. **der Schraubengang**: turn of the screw. 14. **das Gewinde**:

thread. 15. **die Bolzenstärke:** thickness of the cylinder. **Stärke,** usually strength, also means thickness. 16. **die Kernstärke:** thickness, of the core. 17. See 1 Note 2., **arbeitet... aus:** works out, hollows out. 18. **der Betrag, um den:** the amount to the extent of which... 19. **die Steigung oder Ganghöhe:** pitch. 20. See 2 Note 2. 21. **Stellschrauben:** set screws; **stellen,** to adjust.

17.

1. **verhalten sich umgekehrt:** they are to each other inversely. 2. **Bekannt:** well known. 3. **hierbei:** in this case (not *hereby*), Compare 13 Note 12. 4. **findet... statt (stattfinden):** takes place. 5. **bei Klingelzügen:** in bell-pulls. 6. **wobei:** in which; compare 13 Note 12. 7. **in der Regel:** as a rule. 8. **der Flaschenzug:** block and tackle. 9. **das Rad an der Welle:** wheel and axle. 10. **einem... Seile;** see 1 Note 10. 11 **Riemen- und Seilscheiben:** pulleys for belts and ropes.

18.

1. **die Fortpflanzung:** propagation, transmission. 2. **einer... Flüssigkeit:** of a liquid; see 1 Note 10. 3. **infolgedessen (in Folge dessen):** in consequence of which. 4. **pflanzt sich... fort (sich fortpflanzen):** propagates itself. 5. **Ein... Körper:** a body; see 1 Note 10. 6. **sogen. (sogenannte):** so-called. 7. **Ist... taucht;** see 1 Note 2 8. **dabei:** in that case; compare 13 Note 12. 9. **gilt (gelten):** holds true. 10. **eines... Gefässes:** of a vessel; see 1 Note 10. 11. **die Druckhöhe:** head, column.

19.

1. **der Heber:** siphon. 2. **selbsttätig:** automatically. 3. **das Niveau:** level. 4. **zweischenkelig:** two-legged, two-armed; **der Schenkel,** thigh. 5. **dabei:** at the same time (not *thereby*). 6. **die Festigkeit:** strength (of materials). 7. **das Mass:** measure (do not confound with **die Masse,** mass). 8. **die Zugfestigkeit:** tensile strength. 9. **der Querschnitt:** cross-section. 10. **die Grösse:** magnitude, quantity. 11. **die rückwirkende Festigkeit:** compressive strength. 12. **die relative Festigkeit:** transverse strength. 13. **Grössen- und Formänderungen:** changes of size and form. The hyphen indicates that **änderungen** belongs to **Grössen** also. 14. **spröde:**

brittle. 15. **zähe**: tough. 16. **dehnbar**: ductile. 17. **geschmeidig**: plastic, pliable.

20.

1. **die Gehörempfindung**: sensation of hearing. 2. **die Wellenbewegung**: wave motion. 3. **die Fortpflanzungsgeschwindigkeit**: velocity of propagation. 4. **das Fadentelephon**: string telephone (toy). 5. **Zwei... Stücke**; see 1 Note 10. 6. **das Mittel**: medium. 7. **der Nachhall**: reverberation. 8. **vorwiegend**: preponderating; translate: mostly. 9. **Sind**; see 1 Note 2. 10. **Sinusschwingungen**: sine oscillations. 11. **hängt... ab (abhängen)**: depends. 12. **stehend**: vertical. 13. **bei**; see 13 Note 12. 14. **der Grundton**: fundamental note. 15. **das Gepräge**: coinage = character. 16. **die Klangfarbe**: tone color = timbre.

21.

1. **selbstleuchtend**: self-luminous. 2. **lassen sich ungezwungen erklären**: may be explained in a natural (*lit.* unforced) way. 3. **das Mittel**: medium. 4. **der Lichtäther**: luminiferous ether. 5. **daran... dass**: by the fact that; *lit.* by this, namely that..., Daran represents the following clause and anticipates it. 6. **Besitzen**; see 1 Note 2. 7. **der Kernschatten**: umbra; der Kern, kernel. 8. **der Halbschatten**: penumbra. 9. **unmittelbar**: directliy. 10. **auf... angewiesen**: confined to. 11. **der Einfallswinkel**: angle of incidence. 12. **der Schirm**: screen.

22.

1. **der ebene Spiegel**: plane mirror. 2. **das Spiegelbild**: reflected image. 3. **der Senkrechte**: the vertical, perpendicular; see 1 Note 10. 4. **einem... Kreis**: a circle. 5. **der Durchschnitt**: section. 6. **Perlen**: beads. 7. **beim Hineinblicken**: on looking in. 8. **ein... Mittel**: a medium. 9. **zwei... Ebenen**: two planes. This sentence is an example of one compound adjective construction within another. 10. **brechend**: refracting. 11. **einen... Spalt**: a slit. 12. **bandförmig auseinandergezogen**: drawn out in the form of a ribbon. 13. **brechbar**: refrangible. 14. **einzelne**: single, separate, individual. 15. **derartig**: that kind, such. 16. **indem man**; see 1 Note 9. 17. **das Knallgebläse**: oxy-hydrogen blowpipe. 18. **die betreffenden Metalle**:

the metals in question. 19. **geschlossen werden kann:** conclusions may be drawn.

23.

1. **vermittelt:** transmitted. 2. **schrieb... .zu (zuschreiben):** ascribed, attributed. 3. **und zwar:** and moreover. 4. **nimmt... zu... ab (zunehmen, abnehmen);** increases, decreases. 5. see 1 Note 9. 6. **die Lagenänderung:** change of position. 7. **bei;** see 13 Note 12. 8. **der Abstand:** distance apart.

24.

1. **um:** to the extent of, by. 2. **bezw. (beziehungsweise);** see 2 Note 10. 3. **der Träger:** beam, girder. 4. **das Mauerwerk:** masonry. 5. **der Radreifen:** tire of a wheel. 6. **gilt (gelten):** holds true. 7. **der Schrumpfring:** hoop shrunk on a gun. 8. **bei;** see 13 Note 12. 9. **übt... aus (ausüben)** exerts. 10. **die Dampfspannung, die Spannkraft:** tension. 11. **es bilden sich:** there are formed. 12. **Verdampfen:** vaporization. 13. **Verdunsten:** evaporation (without artifical heat.)

25.

1. **bei;** see 13 Note 12. 2. **die Vakuumpfanne:** vacuum pan. 3. **die Zuckersiederei:** sugar refinery; **sieden,** to boil. 4. **umgekehrt:** conversely. 5. **der Papinsche Topf:** Papin's digestor. 6. **das Sicherheitsventil:** safety-valve. 7. **die Spannkraft:** the tension. 8. See 1 Note 9. 9. **absperren:** to bar off = to confine. 10. **noch so gross:** never so great, no matter how great. 11. **tropfbar:** capable of forming drops. 12. See 18 Note 6. 13. **der Grenzwert:** limit of value; limit.

26.

1. **einen beliebig grossen Zwischenraum:** a distance as great as may be desired = any distance. 2. **die Strahlung:** radiation. 3. **die Leitung:** conduction. 4. **gleicht sich... aus (sich ausgleichen):** equalizes itself. 5. **wir haben uns... vorzustellen:** we must conceive. 6. **hierbei:** in this case. 7. **übermittelt:** transferred, communicated. 8. See 13 Note 12. 9. **die Wärmeeinheit:** heat unit. 10. **um;** see 24 Note 1. 11. **die Heizungstechnik:** heating industry.

27.

1. **um**; see 24 Note 1. 2. **die Menge**: quantity. 3. **wobei**: in which case; see 13 Note 12. 4. See 13 Note 12. 5. **Aggregatzustandsveränderungen**: changes in the state of aggregation (*i. e.* from liquid to solid etc.). 6. **also**; see 2 Note 2. 7. **umgekehrt**: conversely. 8. **ermitteln**: to ascertain. 9. **vermag** = **kann**. 10. **niederschlagen**: to precipitate..

28.

1. **entsteht**: arises, is formed, comes into existence. 2. **die Arbeitsgrösse**: amount (*lit.* magnitude) of work. 3. **im Mittel**: on an average. 4. **wobei**: in which case. 5. **eine angesaugte und... verdichtete Luftmenge**: a sucked up and... condensed quantity of air. 6. **die Pleuelstange**: connecting rod. 7. **die Kurbel**: crank. 8. **die Welle**: axle. 9. **das Schwungrad**: flywheel. 10. **dabei**: in that case. 11. See 13 Note 12. 12. **der Uebergang**: transition. 13. **dabei**: at the same time. 14. **der Kolbenhub**: stroke of the piston. 15. **setzen... um (umsetzen)**: convert.

29.

1. **der Zylinder**: cylinder. Some writers change c's of Latin words to z or k according to the sound. 2. **sperren**: to bar, to cut off. 3. **die Steuervorrichtung**: lit. appliance for steering = slide-valve. 4. **wobei, hierbei, dabei**; see 28 Notes, 4, 10, 13 and 26 Note 6. 5. **niedrigerer**: lower, note the comparative expressed by the first er. 6. **geht verloren**: is lost. 7. **ausfallen kann**: may turn out. 8. **indem man... verwendete und... antrieb**; see 1 Note 9. 9. **der Wirkungsgrad**: degree of effect = efficiency. 10. **Dampfstrahlen**: jets of steam. 11. **das Schaufelrad**: paddle wheel, blade wheel.

30.

1. **Energiearten**: kinds of energy. 2. **beliebig**: any... whatever. 3. **zutragen**: take place. 4. **der Kreisprozess**: cycle. 5. **am allgemeinsten**: in the most general way. 6. **das Niveau**: level. 7. **so fasst man... auf**: we conceive. 8. **begriffen**: engaged (in). 9. **Wärme** is the object of **enthalten**. 10. **zieht... an (anziehen)**: attracts. 11. **dagegen**: on the other hand. 12. **stossen... ab (abstossen)**: repel.

31.

1. **dadurch, das man**; see 1 Note 9. 2. **Es stellte sich dabei heraus**: it turned out in this case. 3. **in gleicher Hinsicht**: with the same purpose. 4. **darstellen**: represent, constitute. 5. **lagern**: arrange. 6. **sich aufheben**: neutralize each other. 7. **herzustellen**: to produce, make. 8. **das Beharrungsvermögen**: capacity for persistence = inertia. 9. **sich einstellen**: take its place. 10. **vorzustellen**: to place before (the mind) = to imagine.

32.

1. **der Richtung nach**: as regards direction. 2. **der Leiter**: conductor. 3. **und zwar**: and moreover. 4. **woraus zu schliessen ist**: from which it is to be concluded. 5. **also**; see 2 Note 2. 6. **Berührungsstellen**: points of contact. 7. **dem 300. Teil**: to the 300th part. The period after 300 indicates the ending sten. 8. **der Schliessungsbogen**: closing arc = conductor which closes the circuit.

33.

1. **die Zeiteinheit**: unit of time. 2. **der Querschnitt**: cross section. 3. **die... Elektrizitätsmenge**: the quantity of electricity. 4. **die Stromabgabe**: current delivery = amount of current delivered. 5. **mit Bezug auf**: with regard to. 6. **wirksam**: active. 7. **die Schaltung**: connection. 8. **soll... herbeigeführt werden**: is to be brought about. 9. **indem sie... bedingt wird**: as it is governed by. 10. **der Akkumulator**: storage battery. 11. **etwa**: possibly; transl. any. 12. **Bleisuperoxyd**: peroxide of lead, PbO_2 13. **sowohl... wie**: as well... as = both... and. 14. **das schwefelsaure Blei**: sulphate of lead. 15. **die E. M. K. (elektromotorische Kraft)**: electromotive force. 16. **bezw. (beziehungsweise)**; see 2 Note 10. 17. **Mennigeschichten**: layers of red oxide of lead (minium). 18. **das Gitter**: lattice work, bars.

34.

1. **unterscheiden sich**: are distinguished. 2. **der Gleichstrom**: direct current. 3. **der Wechselstrom**: alternating current. 4. **die Erregung, Influenz, Induktion**: induction (three synonyms). 5. **der Dauermagnet**: permanent magnet. 6. **der Anker**: armature. 7. **der**

Schenkel: limb, branch. 8. **der Polwechsel:** change of pole. 9. **die Anbringung:** attachment, addition. 10. **der Stromwender:** commutator. 11. **die Vorrichtung:** appliance, contrivance. 12. **u. dergl. (und dergleichen):** and the like. 13. **der Kupferblechstreifen:** strip of sheet copper. 14. **die Klemme:** clamp, binding post. 15. **der Eisenkern:** iron core. 16. **die Nut:** groove, rabbet. 17. **eingefrässt:** cut out. 18. **indem die... Ströme:** (in that=) as the currents.

35.

1. **der Anker:** armature. 2. **einem Eisenring:** an iron ring. This sentence contains one compound adjective clause within another. 3. **die Welle:** shaft, axle. 4. **wobei:** while at the same time. 5. **der:** to the. 6. **in der Tat (That):** indeed. 7. **wohl:** probably. 8. **nämlich:** translate by beginning the sentence with For. 9. **indem... entsteht:** as there is formed. 10. **allerdings:** to the sure. 11. **die Reihenbewickelung:** series winding. 12. **die Nebenschlussbewickelung:** shunt winding. 13. **die Leistung:** performance, efficiency. 14. **das Eisengestell:** iron frame.

36.

1. **eigentlich:** properly so called, real. 2. **der Stromkreis:** circuit. 3. **abgeben:** deliver. 4. **bedürfen:** require (followed by the genitive). 5. **der Abnutzung unterliegt:** is subject to wear and tear. 6. **Betriebsstörungen:** disturbances = irregularities in running. 7. **die Klemme:** clamp, binding post. 8. **indem man... verwandelt;** see 1 Note 9. 9. **die Drehstrommaschine:** three phase motor. 10. **Nebenapparate:** secondary apparatus. 11. **Ergänzungsmittel:** means of completion = supplements. 12. **der Wirbelstrom:** eddy current. 13. **Kern- und Manteltransformationen:** core and shell transformers. 14. **untergebracht:** placed.

37.

1. **die Anlage:** plant. 2. **Starkstromleitungen:** conductors for powerful currents. .3. **Licht- und Kraftbetrieb:** production of light and power. 4. **in der Regel:** as a rule. 5. **verseilt:** covered with rope. 6. **stark:** heavy, thick (the usual meaning is *strong*). 7. **in ihrer Gesamtheit:** in their totality = all taken together. 8. **das Isolirband:** insulating tape. 9. **Strassenumwühlungen:** digging up the streets.

10. **die Armierung:** strengthening. 11. **Muffen:** sleeves. 12. **Anschlussstellen:** places for the connections. 13. **Anschlussgruben:** man holes (**Grube:** pit). 14. **die Schmelzsicherung:** safety-fuse. 15. **Karton:** pasteboard. 16. **der Wandverputz:** plastering. 17. **Aus- und Einschalten:** connecting and disconnecting. 18. **der Schalter:** switch. 19. **der Umschalter:** four point switch.

38.

1. **der Gleichstrommotor:** direct current motor. 2. **der Wirkungsgrad:** degree of efficiency. 3. **der Stromwender:** commutator. 4. **der** is the subject of the three verbs **ist, geben kann** and **verbietet.** 5. **das Funkensprühen:** sparking. 6. **Anlass geben:** to give rise. 7. **die Steinkohlengrube:** coal mine. 8. **schlagende Wetter:** firedamp. 9. **die Spannung:** tension. 10. **starke Querschnitte:** large cross sections. 11. **unbequem:** inconvenient. 12. **angehen:** to start. 13. **eine... Geschwindigkeit:** a velocity. 14. **überhaupt:** at all events. 15. **den... Stromwechseln:** the alternations of the current. 16. **übereinstimmen:** correspond, synchronize. 17. **des... Magnetfeldes:** of the magnetic field. 18. **unterliegt:** is subject. 19. **derartig:** such. 20. **asynchron:** asynchronous (not synchronous).

39.

1. **die Eigenschaft:** property. 2. **die Umwandlung:** conversion. 3. **der Stoff:** substance. 4. **der Grundstoff:** fundamental substance, element. 5. **ohne dass... gesagt werden kann:** without (our) being able to say. 6. **das Merkmal:** characteristic. 7. **das Verhalten:** behavior. 8. **Druck- und Temperaturverhältnisse:** conditions of pressure and temperature. 9. **nimmt... ein (einnehmen):** occupies. 10. See 1 Note 2. 11. **Sauerstoff- und Stickstoffgas:** oxygen and nitrogen gas. 12. See 13 Note 12. 13. See 24 Note 1.

40.

1. **lassen sich... überführen:** may be converted. 2. **leichter... schwieriger:** more easily, more difficulty. 3. **bestimmt:** certain, definite. 4. **dabei;** see 28 Note 13. 5. **hängt davon ab:** depends upon the condition. 6. **entwickelnd:** developing, disengaging. 7. **die Span-**

nung: tension. 8. **also**: that is to say. 9. **dementsprechend**: corresponding to that = accordingly. 10. **beziehen**: to refer. 11. **das Merkmal**: characteristic. 12. **die Erkennung**: recognition, identification. 13. **die Reindarstellung**: preparing in the pure state. 14. **die Kohlensäure**: carbonic acid. 15. **der Schwefelwasserstoff**: sulphuretted hydrogen. 16. **der Chlorwasserstoff**: hydrochloric acid. 17. **nimmt ab (abnehmen)**: diminishes.

41.

1. **sich verflüchtigen**: to be volatilized. 2. **die Verdampfung**: vaporization (with the aid of heat). 3. **die Verdunstung**: evaporation (at ordinary temperatures). 4. **ungenügend**; recognize the adverb by the absence of adjective endings and translate: insufficiently. 5. **vor sich geht**: goes on, takes place. 6. **gebracht**: when brought. 7. **das Jod**: iodine. 8. **luftverdünnt**: rarefied. 9. **lösen, löslich, die Lösung**: to dissolve, soluble, the solution. 10. **der Weinstein**: tartar. 11. **das Chlorcalcium**: calcium chloride. 12. **infolgedessen (in Folge dessen)**: in consequence of that. 13. **zerfliesslich**: deliquescent. 14. **nimmt... zu (zunehmen)**: increases. 15. **scheidet sich... aus**: separates. 16. **und zwar**: and moreover. 17. **Platinmohr**: platinum block, platinum sponge.

42.

1. **die Einheit**: unit. 2. **wobei**; see 28 Note 4. 3. **stimmen... überein (übereinstimmen)**: agree. 4. **bezüglich**: relating. 5. **mittler**: average, mean. 6. **die Zusammensetzung**: composition.

43.

1. **die Entstehung**: origin, formation. 2. **die Umwandlung**: conversion. 3. **die Zersetzung**: decomposition. 4. **die Verbindung**: composition, compound. 5. **noch so verschiedenartig**: no matter how differently. 6. **entstanden (entstehen)**: formed. 7. **gelangen**: to get. 8. **dabei**: in the process. 9. **gleichgültig (gleichgiltig)**: indifferent, all the same, no matter. 10. **der Chlorwasserstoff**: hydrochloric acid. 11. **der Wassertoff**: hydrogen. 12. **das Chlor**: chlorine. 13. **beliebig**: any desired, any whatever. 14. **das Verhältnis**: ratio. 15. **der Gewichtsteil**: part by weight. 16. **derart (in der Art)**: in such a way. 17. **der Stickstoff**: nitrogen. 18. **also**: that is to say.

44.

1. **Infolge (in Folge)**: in consequence. 2. **die Beschaffenheit**: nature. 3. **für sich**: in themselves. 4. **was**: which. 5. **die Auffassung**: conception. 6. **diesen**: these, the latter (*i. e.* trees). 7. **erfolgen**: to ensue, follow, take place. 8. **Verhältnissen**, proportions, belongs also to Gewichts- as indicated by the hyphen. 9. **der Schluss**: conclusion. 10. **nimmt man... an (annehmen)**: if we assume. 11. **beispielsweise**: by way of example. 12. **dementsprechend**: corresponding to that = accordingly. 13. **Es** is merely introductory; the real subject is **1000 Moleküle**. 14. **dass diese 500 Moleküle je 1000 Atomen ensprechen**: that each 500 of these molecules correspond to 1000 atoms.

45.

1. **die Annahme**: assumption. 2. **zunächst**: first. 3. **eingeleitet**: introduced. 4. **pflanzt sich... fort (sich fortpflanzen)**: propagates itself. 5. **veranlassen**: to occasion, induce. 6. **die Beständigkeit**: stability. 7. **auf Umwegen**: in round about ways. 8. **die Verwandtschaft**: affinity. 9. **die Fähigkeit**: capacity. 10. see 18 Note 6. 11. **dementsprechend**: see 44 Note 12. 12. **einwertig etc.**: univalent etc. 13. **bewahren**: preserve, maintain. 14. **der Kohlenstoff**: carbon.

46.

1. **bei Gegenwart**: in the presence of. 2. **sich zu Salzen umsetzen**: are converted into salts. 3. **das Lackmuspapier**: litmus paper. 4. **die Wertigkeit**: valency. 5. **die Sättigungskapazität**: capacity for saturation. 6. **der Aetzkali**: caustic potassa. 7. **ersetzbar**: replaceable. 8. see 18 Note 6. 9. **namentlich**: especially. 10. **laugenartig**: having the naure of lye (**Lauge**); alcaline. 11. **indem**: while. 12. **wieder herstellen**: restore. 13. **vertretbar**: replaceable. 14. **die Wechselwirkung**: mutual action, reaction.

47.

1. **das Verfahren**: process, method. 2. **die Darstellung**: preparation, making. 3. **das... Einflussrohr**: the supply tube. 4. **das Aufbrausen**: effervescence. 5. **das Gasentwicklungsrohr**: gas tube, discharge tube. 6. **mit übergerissene Säureanteile**: portions of acid

carried over (with the gas). 7. **beruht darauf, dass:** is based (*lit.:* rests) upon the fact that. 8. **gebunden:** combined. 9. **wobei sich Zinksulfat bildet:** zinc sulphate being formed at the same time. 10. **setzen sich um (umsetzen):** are converted. 11. **zu diesem Behufe:** for this purpose. 12. **ausmünden:** terminate. 13. **stülpen:** to turn upside down and put over something.

48.

1. **verbreitetste:** most widely distributed. 2. **in kleinerem Massstabe:** on a smaller scale. 3. **das Stativ:** retort stand. 4. **die Gasentwickelungsröhre:** discharge pipe. 5. **die Wanne:** trough, tub. 6. **für sich:** by itself. 7. **je nach:** according to. 8. **Oxydul:** suboxide. 9. **Superoxyd:** peroxide. 10. **der Stickstoff:** nitrogen.

49.

1. **salpetersauer:** nitrate. 2. **indem man;** see 1 Note 9. 3. **übergeht:** passes over (in vapor). 4. to translate **nämlich,** begin the clause with *for.* 5. **die Untersalpetersäure:** hyponitric acid. 6. see 18 Note 6. 7. **der Säuregehalt:** percentage of acid. 8. **ätzend:** caustic. 9. **unbeständig:** unstable. 10. **die gebildeten Oxide:** the oxides formed. 11. **überschüssige Säure:** excess of acid. 12. No similar term is used in English chemistry. **Scheiden:** to separate. Say: aqua fortis. 13. **das Königswasser:** aqua regia.

50.

1. **der Zusammentritt:** stepping together = combination. 2. **die Entstehungsart:** mode of formation. 3. **der Herd:** hearth, furnace. 4. **schweflige Säure:** sulphurous acid. 5. **es** is introductory; **Metallsulfide** is the subject. 6. **wobei man dafür sorgt:** during which care is taken. 7. **bei Vorhandensein** (= **bei Gegenwart**): in the presence. 8. **Untersalpetersäure;** see 49 Note 5. 9. **zerfällt:** falls to pieces = splits up into. 10. **übergeht:** passes over into = is converted. 11. **überzuführen:** to convert. 12. **innerlich genossen:** when taken internally.

51.

1. **die Einwirkung:** action, reaction. 2. **der Kalk:** lime. 3. **das Bittersalz:** Epsom salts. 4. **massenhaft:** in masses = on a large

scale. 5. **in der chemischen Technik:** in the chemical industry (arts). 6. **das Aetznatron:** caustic soda. 7. **im kleinen:** on a small scale. 8. **indem man... hinzufügt und... kocht:** by adding... and boiling. 9. **der Kalkbrei:** paste of lime. 10. **beim Versetzen:** on mixing. 11. **dampft... ein (eindampfen):** evaporates down. 12. **die Schale:** capsule. 13. **im grossen:** on a large scale. 14. **mit Begierde:** with avidity. 15. **die Einleitung:** initiation, starting. 16. **sämtlich:** all. 17. **zeichnen sich dadurch aus, dass:** are distinguished by the fact that.

52.

1. **im grossartigsten Massstabe:** on the grandest scale. 2. **alles... Chlorwasserstoffgas:** all hydrochloric acid gas. 3. **behufs:** for the purpose of. 4. **sich umsetzt:** converts itself. 5. **bereitet:** prepared, made. 6. **nochmalig:** once more. 7. **zur Anwendung gekommenen Verfahren:** process come into use. 8. **der Salmiack:** sal ammoniac. 9. **stellt... her (herstellen):** makes, prepares. 10. **indem man... erzeugt;** see 1 Note 9.

53.

1. **gediegen:** in the metallic state. 2. **eisenhaltig:** containing iron. 3. **hält sich:** keeps, remains unchanged. 4. **greifen... an:** attack. 5. **hüttenmännisch:** metallurgically = by means of the furnace (**die Hütte:** furnace). 6. **das Roheisen:** crude iron, pig iron. 7. **der Hochofen:** blast furnace. 8. **behufs:** for the purpose of. 9. see 34 Note 12. 10. **der Koks:** coke. 11. **vermittelnd:** promoting (lit. mediating, making possible). 12. **die Schlacke:** slag. 13. **Gichtgase:** waste gases. 14. **im Betriebe:** in operation. 15. **dickflüssig:** viscid, viscous. 16. **grossblätterig:** having large laminae. 17. **körnig:** granular. 18. **das Gefüge:** structure. 19. **das Schmiedeeisen:** wrought iron. 20. **das Stabeisen:** rod iron. 21. **streckbar:** ductile. 22. **schweissbar:** weldable.

54.

1. **indem man... unterwirft:** by subjecting. 2. **wobei;** see 28 Note 4. 3. **sehnig:** fibrous (**die Sehne:** sinew). 4. **ablöschen:** to quench, chill. 5. **Anlassen, Adoucieren:** tempering. 6. **Ferrooxid:** ferrous oxide. 7. **Ferrioxyd:** ferric oxide. 8. **Eisenchlorür = Eisenchlorid:** chloride of iron. 9. **Einfachschwefeleisen, Zweifachschwefeleisen:** (simple) sulphide of iron, bisulphide of iron.

55.

1. **wichtigeren, niedrigeren:** more important, lower; note the er of the Comparative. 2. **dem... entstehenden Steinkohlenteer:** the coal tar produced. 3. **beruht darauf, dass:** depends upon the principle that... 4. **nach:** according to. 5. **beschickt:** provided, furnished, fed. 6. **die Benzolreihe:** benzol series. 7. **ersetzt:** replaced, substituted. 8. **Sulfosäuren:** sulphonic acids. 9. **technisch:** industrial. 10. **gilt (gelten):** in true. 11. **blätterig:** flaky, laminated. 12. **russend:** sooty. 13. **glatt:** smoothly. 14. **das entstandene Nitrobenzol:** the nitrobenzol formed.

